



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO DE
UN SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MONOTRONIC Mp 9.0 DE
VOLKSWAGEN GOL 1.8 MODELO 2002 PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA
AUTOMOTRIZ”**

AMÁN JIMÉNEZ ALEXANDRA ANDREA

CASTELO VALDIVIESO JUAN CARLOS

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA-ECUADOR

2012

Espoch

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

Febrero 13 de 2012

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

JUAN CARLOS CASTELO VADIVIESO

Titulada:

**“CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO DE
UN SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MONOTRONIC Mp 9.0 DE
VOLSWAGEN GOL, 1.8 MODELO 2002 PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA
AUTOMOTRIZ”.**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Diego Constante
DIRECTOR DE TESIS

Dr. Mario Audelo
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: Juan Carlos Castelo Valdivieso

TÍTULO DE LA TESIS: “CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN
TABLERO DIDÁCTICO DE UN SISTEMA DE
INYECCIÓN ELECTRÓNICA MONOTRONIC Mp 9.0
DE VOLKSWAGEN GOL 1.8 MODELO 2002 PARA LA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”

Fecha de Examinación: Febrero 13 de 2012.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. MARCO SANTILLÁN			
ING. DIEGO CONSTANTE			
DR. MARIO AUDELO			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

Espoch

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

Febrero 13 de 2012

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

ALEXANDRA ANDREA AMÁN JIMÉNEZ

Titulada:

**“CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DIDÁCTICO DE
UN SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MONOTRONIC Mp 9.0 DE
VOLSWAGEN GOL, 1.8 MODELO 2002 PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA
AUTOMOTRIZ”.**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Diego Constante
DIRECTOR DE TESIS

Dr. Mario Audelo
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: Alexandra Andrea Amán Jiménez

TÍTULO DE LA TESIS: “CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN
TABLERO DIDÁCTICO DE UN SISTEMA DE
INYECCIÓN ELECTRÓNICA MONOTRONIC Mp 9.0
DE VOLSWAGEN GOL, 1.8 MODELO 2002 PARA LA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”.

Fecha de Examinación: Febrero 13 de 2012.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. MARCO SANTILLÁN			
ING. DIEGO CONSTANTE			
DR. MARIO AUDELO			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos – científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Alexandra Andrea Amán Jiménez

Juan Carlos Castelo Valdivieso

DEDICATORIA

Dedico en primer lugar a Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Es por ellos que soy lo que soy ahora. A mis hermanas por ser un apoyo incondicional. A mi amigo, compañero y confidente inseparable de cada jornada. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Los amo con mi vida.

Alexandra Amán

Dedico este proyecto de tesis a mis padres, pilares fundamentales en mi vida, a Dios por darme la sabiduría y el intelecto necesario para llegar a cumplir esta meta, así como también a todos mis familiares que de una u otra forma aportaron favorablemente para poder culminar esta meta, muy en especial a mi Tia Luz Elisa Valdivieso.

Juan Carlos Castelo

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad, a mis padres quienes han sido el pilar fundamental en mi vida, a mis hermanas por ser las principales motivadoras en mi trayecto, a mis abuelitas, y a toda mi familia que con su apoyo, consejos y motivación han permitido que llegue a la exitosa culminación de mi tesis y a los docentes que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación..

Alexandra Amán

En primer lugar agradezco a Dios todo poderoso y a mi madre Dolorosita quienes me han iluminado para cumplir este objetivo, ya que gracias a sus bendiciones he podido salir airoso de los problemas, contratiempos y adversidades que se han presentado en este arduo camino que hoy veo culminado.

A mis Padres, Carlos Castelo y Martha Valdivieso, ya que he luchado por la sonrisa de mi Madre y por el orgullo de ella, he luchado por la dedicación de mi Padre en su labor, por el apoyo incondicional de ellos y por los sacrificios que han hecho para yo ser lo que ahora soy, todos mis logros les pertenecen y pido que se sientan orgullosos de aquello.

Juan Carlos Castelo

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1	1
GENERALIDADES	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. GENERAL	3
1.3.2. ESPECÍFICOS	3
CAPÍTULO 2	4
INTRODUCCIÓN A LA INYECCIÓN ELECTRÓNICA DEL COMBUSTIBLE.....	4
2.1. HISTORIA DE LA INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE	4
2.2. CARBURACIÓN FRENTE A LA INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE.....	8
2.3 VENTAJAS DE LA INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE COMBUSTIBLE	13
2.4 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE COMBUSTIBLE	15
2.4.1 Según el número de inyectores	15
2.4.2 Según la ubicación del inyector.	17
2.4.3 Por el sincronismo de la inyección:	18
2.4.4 Por el sistema de control y accionamiento de los inyectores	19
2.5 INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE COMBUSTIBLE MULTIPUNTO	21
2.5.1 Alimentación de combustible	23
2.5.2 Sistema de Aire	29
2.5.3 Determinación de la temperatura del motor.....	33
2.5.4 Sonda Lambda.....	33
2.5.5 Determinación del régimen de giro del motor	34
2.5.6 Unidad de control electrónico.....	36
CAPÍTULO 3	42
TIPOS DE SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRONICA USADOS EN LA	
VOLKSWAGEN	42

3.1 SISTEMA DE INYECCIÓN MECÁNICA K-JELECTRONIC DE BOSCH	42
3.2 SISTEMA DE INYECCIÓN MECÁNICA KE-JELECTRONIC DE BOSCH.....	44
3.3 SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE COMBUSTIBLE D-JELECTRONIC.....	47
3.4 SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA DE COMBUSTIBLE L-JELECTRONIC	49
3.5 SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA BOSCH LE-JELECTRONIC, EZK, TSZ	51
 CAPÍTULO 4	53
 SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MOTRONIC Mp 9.0 MAGNETI MARELLI 53	
4.1 EVOLUCIÓN DEL SISTEMA MOTRONIC	53
4.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	55
4.3 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA	57
4.4 ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA.....	58
 CAPÍTULO 5	64
 CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN	
ELECTRÓNICA MOTRONIC Mp 9.0	64
5.1. MONTAJE DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA EN EL TABLERO DIDÁCTICO.....	64
 CAPÍTULO 6	69
 SOFTWARE GENERADOR DE FALLAS.....	69
6.1. DISEÑO DEL SISTEMA GENERADOR DE FALLAS MEDIANTE UN ORDENADOR	69
6.1.1 Programación de microcontroladores	73
6.1.2 Programación en visual basic 6.0	73
6.2. DISEÑO DEL CIRCUITO GENERADOR DE FALLAS.....	74
 CAPÍTULO 7	78
 COMPROBACIÓN Y VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA	
A GASOLINA.....	78
7.1 ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE PRÁCTICAS	78
7.2 COMPROBACIÓN DE ACTUADORES Y SENSORES	84

CAPÍTULO 8	91
-------------------------	-----------

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
---	-----------

8.1 CONCLUSIONES.....	91
-----------------------	----

8.2 RECOMENDACIONES	92
---------------------------	----

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Vehículos con sistema D-Jectronic (FUENTE: Manual Técnico de Fuel Injection).....	47
Tabla 2: Vehículos con sistema L-Jectronic (FUENTE: Manual Técnico de Fuel Injection)	50
Tabla 3: Modelos con sistema de inyección Magneti Marelli	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Principio del Carburador de superficie [1]	5
Figura 2.2: Sistema de inyección de Fuscaldo [2]	6
Figura 2.3: Carburación vs inyección de combustible [3]	12
Figura 2.4: Sistema de inyección monopunto [4]	16
Figura 2.5: Esquema básico de un sistema de inyección monopunto [5]	16
Figura 2.6: Sistema de inyección multipunto [6]	17
Figura 2.7: Clasificación del sistema de inyección por ubicación del inyector [7]	17
Figura 2.8: Esquema básico de la clasificación del sistema por el sincronismo de inyección [8]	19
Figura 2.9: Esquema general del sistema de inyección de gasolina [9]	21
Figura 2.10: Esquema general de la inyección electrónica multipunto [10]	22
Figura 2.11: Bomba eléctrica de combustible [11]	23
Figura 2.12: Filtro de combustible [12]	24
Figura 2.13: Riel de inyectores [13]	25
Figura 2.14: Regulador de presión de combustible [14]	25
Figura 2.15: Inyector [15]	27
Figura 2.16: Curva del inyector [16]	28
Figura 2.17: Sensor TPS [17]	29
Figura 2.18: Sensor VAF [18]	31
Figura 2.19: Sensor MAF [19]	32
Figura 2.20: Sensor ECT [20]	33
Figura 2.21: Sonda Lambda [21]	34
Figura 2.22: Sensor CMP [22]	35
Figura 2.23: Curva del sensor CMP tipo Hall [23]	36
Figura 2.24: ECU	37
Figura 2.25: Esquema de funcionamiento de la ECU en lazo abierto [24]	38
Figura 2.26: Arquitectura de la gestión electrónica del sistema de inyección Motronic [25]	41
Figura 3.1: Sistema de inyección K-Jectronic de Bosch [26]	42
Figura 3.2: Vehículos con sistema K-Jectronic [27]	43
Figura 3.3: Vehículos con sistema KE-Jectronic [28]	45
Figura 3.4: Sistema de inyección KE-Jectronic [29]	46
Figura 3.5: Sistema de inyección D-Jectronic [30]	48
Figura 3.6: Sistema de inyección L-Jectronic [31]	50
Figura 3.7: Aplicaciones del sistema EZK [32]	51
Figura 3.8: Sistema LE-Jectronic/EZK [33]	52
Figura 4.1: Elementos que conforman el sistema Motronic Mp 9.0 [34]	59
Figura 4.2: Sensor CTS [35]	59
Figura 4.3: Sensor de Oxígeno [36]	60
Figura 4.4: Sensor TPS [37]	61
Figura 4.5: Sensor T-Map [38]	61

Figura 4.6: Sensor KS [39].....	62
Figura 4.7: Sensor de rotación Hall [40]	63
Figura 5.1: Pegado de la macrofotografía.....	64
Figura 5.2: Montaje del MDF en la estructura.....	65
Figura 5.3: (a) Pintura de los componentes	65
Figura 5.4: (a) Montaje de los componentes en el tablero didáctico	66
Figura 5.5: Montaje de la ECU.....	67
Figura 5.6: Montaje de la placa	68
Figura 6.1: Circuito de prueba.....	70
Figura 6.2: Datasheet PIC18F2550 [41]	73
Figura 6.3: Plantilla de la placa comandada por el microcontrolador	74
Figura 6.4: Circuito controlado por el microcontrolador	75
Figura 6.5: Plantilla del circuito de relés	76
Figura 6.6: Circuito comandado por relés	77
Figura 7.1: Programa ejecutable	78
Figura 7.2: Pantalla principal del software generador de fallas	79
Figura 7.3: Pantalla de mensaje de sensor o actuador desconectado	80
Figura 7.4: Pantalla de códigos de fallas del software	80
Figura 7.5: Información general del actuador o sensor.....	81
Figura 7.6: Verificaciones a realizarse	82
Figura 7.7: Guía de verificación	82
Figura 7.8: Curva de la señal del sensor MAP [42]	84
Figura 7.9: Lectura obtenida del sensor MAP	85
Figura 7.10: Test de verificación de masa del sensor MAP [43]	85
Figura 7.11: Comprobación de masa del sensor MAP.....	86
Figura 7.12: Esquema eléctrico del sistema Motronic Mp 9.0 [44]	86
Figura 7.13: Comprobación de continuidad con el sensor CMP	87
Figura 7.14: Test de funcionamiento del sensor Hall [45]	87
Figura 7.15: Comprobación del funcionamiento del sensor CMP	88
Figura 7.16: Medición de resistencia en los inyectos [46]	88
Figura 7.17: Realización de la prueba de resistencia en los inyectores.....	89
Figura 7.18: Test de alimentación positiva [47]	89
Figura 7.19: Realización del test de alimentación positiva de los inyectores	90

LISTA DE ABREVIACIONES

HP	Horse Power (Caballos de Fuerza)
ECU	Electronic Control Modul (Módulo de Control Electrónico, PCM)
Bar	Bares
TPS	Sensor de posición de la mariposa
VAF	Sensor de caudal de aire
MAF	Sensor de masa de aire
ECT	Sensor de temperatura del motor, CTS
CMP	Sensor de rotación tipo Hall
ROM	Memoria de almacenamiento de lectura
RAM	Memoria de almacenamiento
ALU	Unidad lógica de cálculo
EPROM	Memoria que permite el borrado de errores almacenados
Psi	Libras/Pulgadas cuadradas
ALDL	Conexión entre la ECU y el scanner
EZK	Unidad de control extra responsable por el avance de ignición
TSZ	Módulo electrónico interno-ECU que controla el primario de la bobina
IAT	Sensor de temperatura del aire, ACT
ABS	Antilock brake system (sistema de frenos antibloqueo)
ASR	Anti-skid regulation (regulación antideslizante)
ESP	Electronic stability program (programa de control de estabilidad)

HEGO	Heated Gas Oxygen Sensor (sensor de oxígeno calentado)
MAP	Sensor de presión en el múltiple de admisión
T-MAP	Sensor de presión MAP y temperatura del aire IAT
KS	Sensor de detonación
USB	Universal serial bus (bus universal en serie)
PIC	Microcontrolador
μF	Microfaradios- unidad de medida
pF	Picofaradios-unidad de medida
$\text{K}\Omega$	Kilo ohmios- unidad de medida
DTC's	Códigos de fallas
DC	Corriente continua
KOEO	Key on engine off (llave en contacto motor apagado)
$^{\circ}\text{C}$	Grados centígrados

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1:** Programación del microcontrolador
- ANEXO 2:** Programación en Visual Basic 6.0
- ANEXO 3:** Conexión del tablero didáctico

RESUMEN

El presente proyecto es sustentado en los conocimientos adquiridos en las aulas de la Escuela de Ingeniería Automotriz de la Facultad de Mecánica, el cual tiene por objetivo único el reforzar los conocimientos de los estudiantes de inyección electrónica al poder manipular un sistema de inyección.

Por lo tanto se realizó un tablero didáctico el cual contiene los elementos que conforman un sistema de inyección electrónica Motronic Mp 9.0 de un vehículo Volkswagen Gol, además de un Software generador de fallas el cual nos permite observar las posibles averías que se pueden presentar en los componentes del sistema.

Se construyó una interfaz la que permite la comunicación de la PC mediante el programa Visual Basic con la ECU del automóvil a través de un microcontrolador cortando señales de entrada y salida de la ECU de los diferentes sensores y actuadores que conforman el sistema para poder provocar fallos en el mismo. El software posee una ayuda en cuanto se refiere a la verificación del sistema mediante los códigos de fallas que se vayan generando en el programa.

A través de este proyecto se aporta de manera favorable a la formación de futuros ingenieros automotrices competitivos en el área de la inyección electrónica.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1. Introducción

El campo de la Industria Automotriz ha ido evolucionando a grandes pasos, creando nuevos sistemas que contribuyan a una mejor precisión en el funcionamiento del vehículo, por tal razón el carburador ya no es necesario en vehículos nuevos que requieren mejores prestaciones en cuanto a economía, eficiencia, potencia y contaminación.

Aunque un carburador se encuentre en perfectas condiciones y con su correcta calibración, no conseguirá alimentar al motor en la proporción ideal de la mezcla, por lo tanto es necesaria la utilización de un sistema de Inyección electrónica de Combustible para que así el motor posea un funcionamiento suave, económico y que no contamine el medio ambiente, recibiendo una mezcla estequiométrica en todos los niveles de rotación.

Los avances tecnológicos son innumerables en el campo Automotriz y el sistema de inyección electrónica de combustible es un punto muy importante ya que se incorpora al vehículo un módulo de control electrónico del motor que es una microcomputadora que continuamente evalúa o procesa las señales de entrada provenientes del sistema de operación del motor y determina la mejor secuencia de operación para sus órdenes de salida.

La característica principal de un sistema de inyección electrónica de combustible es permitir que el motor reciba solamente el volumen de combustible que necesita, remplazando al sistema del carburador por el nuevo sistema que pulveriza el combustible en el múltiple de admisión en la cantidad necesaria para los distintos regímenes de revolución así teniendo un consumo menor de combustible y mejor desarrollo del automóvil, porque presenta un sistema de control cada vez más eficaz, controlando uno a uno los factores que intervienen en la eficiencia del motor, lo que es posible con la implementación de sensores que muestren en tiempo real las condiciones de funcionamiento del motor de combustión interna, estas señales se almacenan en un computador donde son evaluadas, con el fin de determinar el correcto accionar de los actuadores. Todo este sistema de control ha provocado fuentes de avería.

El sistema de inyección electrónica de combustible representa un conjunto de sensores y actuadores, que intercambian información digital a través de una computadora para regir el funcionamiento del motor, el cual puede presentar fallas de funcionamiento únicamente detectables mediante protocolos de pruebas, en las que se utilizan instrumentos especializados para crear una interface entre los sistemas de control y el usuario.

La información procesada en el sistema de inyección electrónica de combustible debe recibir un tratamiento especial para determinar la operación, funcionamiento y códigos de falla, esto se desarrollará a través de un protocolo de pruebas que se planteará en la propuesta del presente trabajo de investigación mediante el uso de un software generador de fallas; el que nos permitirán realizar el monitoreo de las condiciones de funcionamiento.

1.2. Justificación

Debido a que la electricidad y la electrónica en el mundo actual conllevan a los adelantos tecnológicos de punta para el bienestar de la humanidad, interviniendo en muchos ámbitos, siendo el área automotriz uno de los ramales más importantes, ya que actúa en el desempeño de un vehículo y hace posible el excelente funcionamiento del mismo, controlando no solamente la combustión de un motor sino también las emisiones contaminantes dañinas a nuestro planeta, por lo que juega un papel fundamental en el sector automotriz moderno y con un amplio progreso en el futuro.

Teniendo en cuenta, que para que exista una actividad correcta de un motor de combustión interna de un automóvil se hace necesaria la implementación de un sistema de inyección electrónica, para corregir parámetros de consumo y emisión, por lo que vimos necesario que los estudiantes tengan una interacción con uno de los sistemas existentes en el mundo.

Al tener pleno conocimiento de que en el país existe la demanda de obtener excelentes Ingenieros Automotrices que dominen el campo de la inyección electrónica creemos importante la construcción de un tablero didáctico que simule la electrónica tipo Motronic Mp 9.0 equipado en un vehículo Volkswagen Gol motor 1.8 L del año 2002, para que los estudiantes tengan una enseñanza tanto teórica como práctica ayudados por el software generador de fallas logrando manipular los elementos que lo componen y que están a la par de la tecnología actual.

Conociendo que la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo es una Institución de alta calidad, y que su misión principal es la de conseguir profesionales que puedan desenvolverse en la vida diaria, con excelencia y eficacia, por lo que dicho proyecto será de gran ayuda para llegar a cumplir los objetivos de la misma, llegando a ser profesionales competitivos, además, esta implementación proporcionará un adecuado equipamiento del taller, permitiendo así una mejor enseñanza.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Construir e implementar un tablero didáctico de un sistema de inyección electrónica Motronic Mp 9.0 de Volkswagen Gol 1.8 modelo 2002 para la Escuela de Ingeniería Automotriz.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar los principios del sistema de inyección electrónica de combustible para entender las bases del proyecto.
- Conocer los diferentes tipos de inyección electrónica usados en la Volkswagen.
- Estudiar el sistema de inyección electrónica Motronic Mp 9.0.
- Construir un tablero didáctico para la simulación del sistema de inyección electrónica Motronic Mp 9.0
- Construir un software generador de fallas para verificar el funcionamiento del sistema de inyección electrónica.
- Elaborar un Manual de prácticas para guía de los estudiantes.

CAPÍTULO II

2. INTRODUCCIÓN A LA INYECCIÓN ELECTRÓNICA DEL COMBUSTIBLE

2.1. Historia de la Inyección de Combustible

Existe un gran vínculo entre la carburación y la inyección de combustible, ya que la razón de su existencia es debido a las distintas desventajas que el carburador presento.

La carburación comenzó en 1824 cuando Samel Morey y Erskine Harzard crearon el primer carburador usado en un motor de tipo atmosférico, en el que se incluía un precalentamiento para favorecer la evaporación.

Michael Faraday, en 1825 experimentó con la evaporación de combustibles líquidos e hidrocarburos, después del gran paso que surgió en la época en cuanto a destilación de petróleo ligero y obteniéndose una sustancia llamada gasolina.

En 1838, William Barnett patentó un dispositivo para evaporar la gasolina, con este intentaba utilizar gasolina en el motor de compresión con el cual experimentaba.

Siegfried Marcus, en el año de 1865 solicitó un patente para un carburador, recalcando la sencillez de su dispositivo comparado con los complicados generadores de vapor que ya existían.

Deutz ideó cerrar el gas para ver que sucedía si mantenía un trapo mojado con gasolina a la entrada del múltiple y el motor funciono hasta que le trapo se secó. Lo que le llevó a inventar el carburador de mecha, el cual era de tipo estático. La mecha absorbía el combustible en la parte sumergida y lo llevaba hacia el aire en la parte expuesta. Fue aplicado en un carruaje con motor en el año de 1883 y 1884.

En 1884 se adaptó a un motor, el carburador construido por Fernand Forest el cual incluía una cámara de flotador y una boquilla con rociador de combustible. Un año después Otto logró utilizar en un carburador de superficie mejorado una variedad de combustibles líquidos de hidrocarburos incluyendo gasolina.

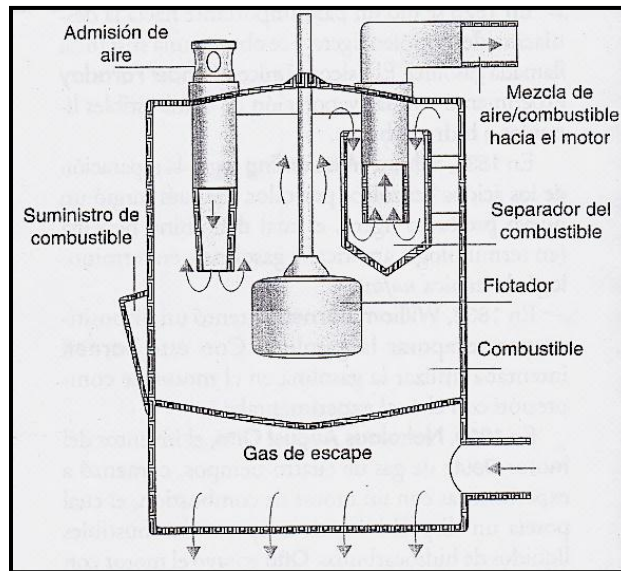


Figura 2.1: Principio del Carburador de superficie [1]

Carl Benz mejoró el carburador de superficie, adicionando una válvula de flotador para asegurar un nivel constante de combustible, en 1886.

En 1892, Maybach planeó el carburador con rociador, el cual se convirtió en la base de todos los carburadores, solicitando un año después una patente para un carburador de rocío, en el cual el combustible se suministraba en forma de boquilla de regadera con cabezal rociador, que se abastecía de una taza de flotador que mantenía el nivel constante. El primer carburador de dos gargantas apareció en 1901 y fue un invento de Krastin, quien afirmaba que formaba buenas mezclas sin importar el flujo masivo de aire.

En 1902, Arthur Krebs inventó un carburador de tres pares con desviación automática para el aire, con el fin de reducir al mínimo las desviaciones de la proporción aire-combustible, aumentando la velocidad del flujo del gas, utilizó el vacío del múltiple para abrir una válvula y admitir aire adicional.

Los primeros avances de la inyección de combustible comenzaron realmente en la aviación. En 1903, el aparato Wright Flier utilizó un motor de inyección de combustible de 28 HP. Antes de la primera Guerra Mundial, la industria de la aviación considero las ventajas obvias que la inyección de combustible proporcionaba. Los carburadores de los aeroplanos eran propensos a congelarse en los cambios de altitud, limitando la potencia disponible, mientras que en la inyección de

combustible no sucede esto. Adicionalmente, las tazas de los carburadores eran propensas a derramar combustible.

Se introdujo no sólo la bomba de pistón a alta presión, sino el principio de inyectores calibrados. La bomba de inyección fue la primera en tener una carrera variable del pistón como un medio para aumentar o reducir la cantidad de combustible a inyectar.

En 1912, Robert Bosch convirtió un motor de dos tiempos fuera de borda a inyección de combustible, utilizando una bomba reconstruida de presión de aceite lubricante para inyectar el combustible.

A mediados de 1920, Stromberg introdujo un carburador sin flotador para la aplicación aeronáutica, el cual es el predecesor de los sistemas actuales de inyección en el cuerpo del acelerador.

El auge militar que empezó en Alemania, llevó a la compañía de Robert Bosch al desarrollo de la inyección de combustible para la aviación. Los primeros sistemas de inyección Bosch introdujeron la inyección directa, la cual rocía el combustible bajo alta presión directamente sobre la cámara de combustión, en la misma forma que en el sistema de inyección diesel. En la Segunda Guerra Mundial, la Continental utilizó un sistema de inyección de combustible diseñado por la compañía SU Carburetter, de Inglaterra, y construido por Simmonds Aeroaccessories en Estados Unidos, el motor enfriado por aire y diseñado para usarse en el tanque Patton,

La inyección electrónica de combustible se inició en Italia, en 1940, cuando Ottavio Fuscaldo incorporó un solenoide eléctrico como un medio para controlar el flujo de combustible hacia el motor.

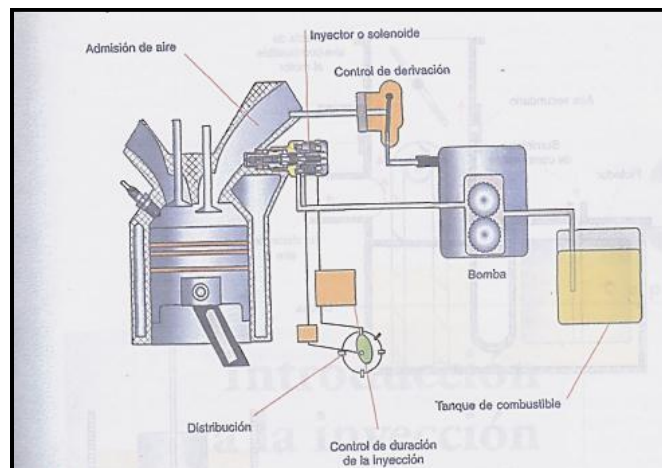


Figura 2.2: Sistema de inyección de Fuscaldo [2]

En 1949, un automóvil llamado Offenhauser, equipado con inyección de combustible, fue inscrito en la carrera de las 500 millas de Indianápolis. El sistema de inyección diseñado por Stuart Hilborn, destacó la inyección indirecta, con la que el combustible es inyectado en el múltiple de admisión exactamente delante de la válvula de admisión. Éste se puede comparar con el sistema de inyección en el cuerpo del acelerador para cada cilindro.

De 1952 a 1961, todos los autos de carreras tipo Indianapolis impulsados por motor Offenhauser, utilizaban inyección de combustible Stuart Hilborn, y Connaught adoptó el sistema para su auto Gran Prix de 1953, con gran éxito.

Lucas produjo un sistema exitoso para el Jaguar 1956 tipo D, que ganó en Le Mans. Esto dio paso a la versión en serie, pero resultó tan cara que solo hubo un comprador: Maserati, para el 3500 GTi, a principios de 1961. Holley compró los derechos en Estados Unidos para la inyección de combustible Lucas, en 1956 pero no encontró mercado.

El Lucas era un sistema de inyección por lumbrera con suministro regulado. El combustible se bombeaba a un distribuidor a 100 psi por medio de una bomba eléctrica. El distribuidor medía el combustible de acuerdo con el flujo masivo de aire, como lo medía el vacío del múltiple, y cuidaba el tiempo con un rotor impulsado mecánicamente, con lumbreras de salida dispuestas para alimentar combustible a cada boquilla cuando la válvula se abría. La admisión de aire se controlaba con una válvula de estrangulamiento, deslizable unida al acelerador.

El sistema de inyección Kugelfischer de tipo de lumbrera tenía dosificación regulada. La bomba tenía un émbolo activado por una leva en cada inyector, y la dosificación de combustible se lograba con un intrincado arreglo de regulador-leva. La admisión de aire se controlaba con una sencilla válvula de mariposa.

Se hicieron pruebas con motores para autos de carrera Porsche en los que se interesó Peugeot. Después de pruebas minuciosas, Peugeot estandarizó la inyección Kugelfischer en 404 modelos deportivos en 1962, y Lancia la adoptó en algunos tipos Flavia en 1965. Las versiones posteriores o modelos que les sucedieron estaban equipados con los sistemas de inyección que se producían en serie más populares.

En 1974 Bosch adoptó la inyección de combustible de Kugelfischer, en una producción en serie que abastecía BMW Motorsport de motores para Fórmula Uno de 1980 a 1985, y el equipo Grand Prix de Renault-Elf de 1977 a 1984.

El modelo Alfa Romeo 1750, de 1969, para el mercado estadounidense utilizaba un sistema de inyección desarrollado por Spica de Livorno, Italia. El sistema Spica consistía en una inyección de lumbrera regulada con una bomba de tipo émbolo que básicamente era similar a la de Bosch y Kugelfischer. Los émbolos tenían un carrera constante y un arreglo normal de compuerta de rebose que dirigía el combustible excedente de regreso al recipiente de la bomba. La regulación del combustible dependía del vacío del múltiple, la posición de la válvula de estrangulamiento, presión barométrica, ajuste en vacío y temperatura del refrigerante.

La inyección del combustible Spica se adaptó más tarde al Montreal 2000 de 2.5 litros V-8, al Alfetta y el Alfa Seis. El equipo trabajaba muy bien pero carecía de clientes con alto volumen de compras. Spica no podía competir en costos. La producción de los sistemas de inyección de combustible Spica terminó en 1986.

Junto con otros proveedores marginales de sistemas de inyección de combustible, Spica no pudo hacer frente al juego en las mesas en las que se hacían las grandes apuestas. Los líderes de la tecnología, que contaban con recursos financieros más firmes, tomaron el rol dominante en el mercado de la inyección de combustible. La evolución de la inyección de combustible se retardó debido a ciertos efectos contrarios de esta tendencia, tales como la decisión de algunos gigantes de la industria automotriz por producir sus propios sistemas y el que algunas compañías importantes de carburadores se dieron cuenta, de que ya no tendrían futuro, a menos que ampliaran sus líneas de productos abarcando una variedad de sistemas para preparar la mezcla de combustibles con o sin control electrónico.

2.2. Carburación frente a la inyección de combustible

La atracción más importante que posee la inyección electrónica de combustible es encontrarse con las fallas del carburador, por lo tanto es el punto de partida para examinar los principios de la inyección de combustible y sus dispositivos, examinando exhaustivamente los principios de la inyección de combustible y del hardware, y se hace necesario entender la construcción y sus variadas funciones.

Debido a que el carburador deja o no pasar el aire, es el primer eslabón para controlar la respiración del motor. En teoría, durante la carrera de admisión, el pistón debe succionar al interior del cilindro

un volumen de mezcla a presión atmosférica, igual al desplazamiento del cilindro. En realidad, la cantidad de mezcla que entra es casi siempre menor a la cantidad teórica.

La proporción entre la cantidad teórica y la cantidad real se denomina eficiencia volumétrica. El valor común para un motor moderno es cercano al 85%, con todo el ahogador.

Las razones para no llegar al 100% son:

- **Restricciones en el carburador** y dobleces en el múltiple de admisión, y el sistema de puerto, que limita el flujo de la mezcla en los cilindros.
- **Calentamiento de la carga** que entra por un puerto caliente de admisión o por otras partes calientes que se encuentran cerca del múltiple de admisión, ocasionando que la mezcla aire/combustible se expanda antes de entrar a los cilindros.
- **Gases calientes** en el escape, que quedan atrapados en el interior del cilindro después de la carrera de escape.

La idea básica del carburador es tener un pasaje de aire con alimentación automática de combustible, que se autorregule para proporcionar flujo masivo de aire, en cuanto es medido por un Venturi.

El carburador mezcla la carga de combustible y de aire, y distribuye esta mezcla a los cilindros por medio del múltiple de admisión. La mezcla debe ser lo suficientemente rica para asegurar que los cilindros que se encuentran más lejos del carburador obtengan el suficiente combustible.

Los cilindros más cercanos, como consecuencia tienden a enriquecerse más. Y es una de las desventajas más grandes, tanto para la economía de combustible como para el control de emisiones.

Los carburadores poseen una válvula de mariposa o acelerador, la cual controla el flujo de aire que entra. La masa de aire que entra al carburador regula la velocidad del motor. Cuando se acciona el pedal del acelerador se abre la válvula y cuando se suelta se cierra. El surtidor de combustible se alimenta desde la taza y lo envía a la parte más estrecha del Venturi, donde el aire tiene la velocidad más alta.

La gasolina es llevada por goteo por el flujo del aire, esto se logra debido a la diferencia de presión entre la taza del flotador y el múltiple de admisión. Es un hecho que el suministro de combustible

en un carburador tiende a retrasarse con relación al movimiento de la mariposa, debido principalmente a la tensión superficial y a la inercia en el combustible.

Un carburador básico opera cuando la válvula mariposa está completamente cerrada o abierta, por lo tanto se agregó un circuito de marcha en vacío para mantener el motor operando, así no se requiera potencia. El surtidor en marcha mínima admite combustible en el lado del motor en el que se encuentra la válvula mariposa, y es un circuito independiente del carburador que opera cuando la válvula mariposa está cerrada.

El flujo de aire es asegurado por el carburador por acción de bombeo de los pistones. El movimiento descendente del pistón en la carrera de admisión crea un vacío parcial en el cilindro. La mezcla en el múltiple de admisión se apresura para llenar el vacío y el flujo de gas ajustado por la caída de presión lleva un nuevo aire al carburador.

Cuanto más pequeñas sean las partículas de combustible que salen del carburador, con mayor facilidad se mezclarán con el aire y se evaporarán en su paso por el múltiple de admisión hacia el interior del cilindro.

El problema existente es que esta proporción no es constante y el carburador no puede ajustarla exactamente a las necesidades cambiantes.

Para un encendido adecuado y una combustión completa y sin desperdicio, la mezcla tiene que ser un vapor homogéneo sin que contenga combustible líquido; es un factor muy importante para tener en cuenta en los sistemas de inyección de combustible.

La velocidad del flujo de combustible en surtidor principal aumenta rápidamente que la caída de presión en el Venturi, por lo tanto sería más rico a medida que aumenta la velocidad. Esto se corrige introduciendo aire en el suministro de combustible antes de que salga del surtidor.

El tipo más común de purgador es un tubo de emulsión, con agujeros a través de él, colocado en un recipiente de combustible dentro del carburador.

A medida que aumenta la caída de presión, el combustible fluye con mayor rapidez, lo cual baja el nivel de la taza y destapa más orificios en el tubo de emulsión. De ello resulta que se purga más aire al interior de la mezcla y evita que se forme una mezcla rica.

El grado de atomización cambia enormemente con los cambios de velocidad y carga del motor. Un Venturi de diámetro grande es lo mejor para una operación a toda potencia. Uno de

diámetro pequeño es lo mejor para que funcione parcialmente la válvula mariposa, además ofrece la ventaja de ahorrar combustible. Hay un límite práctico en cuanto a las dimensiones máximas del Venturi para que el automóvil tenga un funcionamiento aceptable a baja velocidad, de ahí el diseño de carburadores de dos o cuatro gargantas.

En un carburador se puede obtener una proporción estequiométrica 14,7 de aire por una de combustible, solo en funcionamiento constante, velocidad de crucero con variaciones mínimas en el ángulo de la válvula mariposa y de las revoluciones del motor.

El aire y la gasolina no se mezclan bien en tiempo frío. Solamente las porciones ligeras de gasolina ayudan a formar una mezcla de combustible, por ello la mezcla debe ser más rica cuando el motor está frío y la temperatura de ambiente es baja. Y se logra por medio de un mecanismo ahogador, que es una válvula mariposa que se coloca en la boca del carburador de modo que bloquee parcialmente la entrada de aire, el vacío es aumentado drásticamente en el Venturi, haciendo que aumente la velocidad de flujo del combustible y, por lo tanto, se logra una mezcla más rica.

El bloque de admisión tiende a apagar el motor, por ello se inventó la leva de marcha rápida en vacío, la cual empieza a trabajar en el momento que entra a funcionar el ahogador o choke.

El múltiple de admisión incorpora un pasaje especial para el gas de escape, con el fin de calentar la mezcla entrante y mejorar la atomización en los arranques en frío. Una vez el motor se ha calentado, el calentamiento de la mezcla es indeseable, ya que ocasiona que ésta se expanda antes de entrar al cilindro, lo cual reduce la eficiencia volumétrica del motor. Por lo tanto, se proporciona una válvula elevadora de calor para dirigir el flujo del gas de escape de acuerdo con la temperatura del motor.

La válvula elevadora de calor controla mediante un resorte plano en espiral, sensible a la temperatura, que al calentarse el motor se desenrolla y abre la válvula, o también por un motor de vacío controlado por un interruptor de vacío sensible a la temperatura del refrigerante. Cuando arranca el motor de vacío del múltiple de admisión se dirige al motor de vacío por medio del interruptor del refrigerante, para cerrar la válvula elevadora de calor.

Antes del advenimiento de los controles de emisión, el abastecimiento de combustible se consideraba exacto si las variaciones de la escala completa de la masa del flujo de aire y velocidad se mantenía dentro de $\pm 5\%$ del ajuste nominal.

En 1969 no se toleraba nada por arriba de una variación de 3%, y en 1972 el margen se redujo a 1 y 1.5%.

En los motores en V, cuando la válvula está cerrada, los gases de escape se dirigen a la cámara de calor; después de circular a través de la cámara de calor los gases se dirigen al múltiple de escape por medio de otro pasaje.

Todos los autos con transmisión automática tienen un amortiguador que evita que el motor se pare cuando se suelta súbitamente el acelerador.

Resultaría muy caro incluir una compensación automática debido a la altitud en un carburador. Debido al enrarecimiento de aire que hay en grandes altitudes, con un ajuste normal se lograría una mezcla muy rica. Estadísticamente pocos autos van y vienen entre dos ambientes de alta y baja altitud, por lo que la industria se ha contentado en entregar autos con diferentes ajustes de carburador, de acuerdo con su destino final.

El carburador, a pesar de sus complicaciones, purgas de aire, surtidores de corrección, bombas de aceleración, tubos de emulsión y mecanismos ahogadores sigue siendo un compromiso. Los costos adicionales para mejorar los diseños de carburadores están ocasionó que la industria adopte la inyección de combustible.

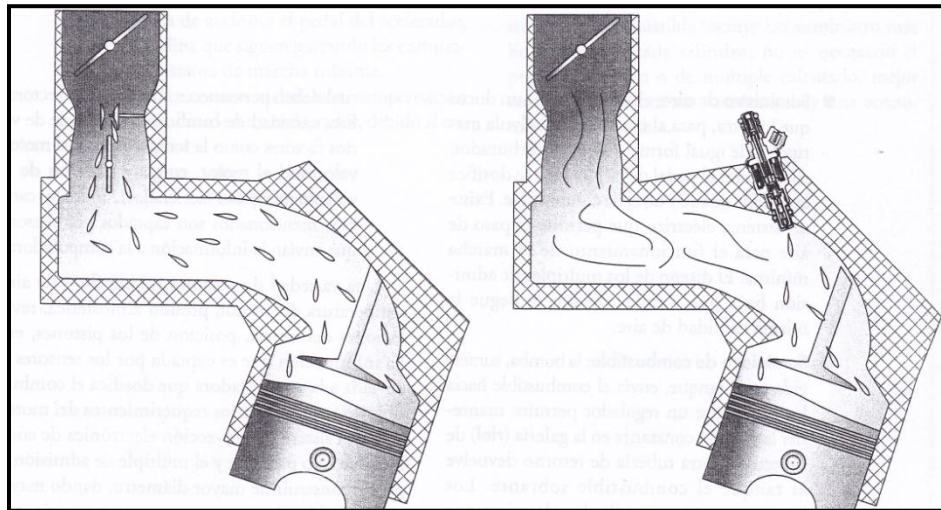


Figura 2.3: Carburación vs inyección de combustible [3]

2.3 Ventajas de la inyección electrónica de combustible

Los sistemas de inyección de combustible no están exentos de arreglos. Pero todavía quedan dos argumentos en favor a la inyección de combustible, sin ningún reparo. El primero y que algunos expertos afirman que es la verdadera ventaja de la inyección de combustible, se apoya en la libertad de diseño del múltiple de admisión. Con los carburadores, los múltiples deben diseñarse de modo que favorezcan la atomización del combustible y desalentar las acumulaciones de gotitas de combustible crudo en las superficies de los canales. Por ello, debe proporcionarse el calentamiento del múltiple.

Para motores con carburador, el múltiple tiene dos funciones principales:

1. Debe suministrar cantidades iguales de mezcla combustible y aire a todos los cilindros.
2. Debe asegurar que la mezcla posea las mismas características físicas y químicas en todos los cilindros.

Los gases son elásticos y viscosos. Cuando se hace pasar gas a alta velocidad por pasajes imperfectos sus componentes se disgregan y el flujo deja de ser uniforme y se vuelve turbulento. Solo las partículas individuales conservarán una velocidad teórica. Por lo que, las paredes interiores del múltiple de admisión se hacen tan lisas como sea posible, porque la aspereza de la superficie puede ocasionar la separación del flujo de gas. Por otra parte, esto tiende a favorecer que se depositen gotitas de combustible. Las esquinas agudas en un múltiple a veces se incorporan deliberadamente.

Pueden ocasionar que una película de combustible se desprenda de la pared y vuelva a entrar a la corriente de aire, debido a que esto ocurre al azar, también puede haber un cambio momentáneo en la proporción aire/combustible.

La longitud del tubo de admisión determina el efecto de presión dinámica. Hay una longitud ideal para cada cilindro, para cada velocidad del motor, y todos los múltiples son un compromiso entre la alta velocidad y óptima y las mejores características de flujo de gas a baja velocidad.

El segundo argumento es la capacidad del motor para funcionar a compresión más elevada cuando se inyecta el combustible.

La inyección electrónica de combustible se lo puede dividir para su comprensión en tres sistemas:

1. Suministro de aire

2. Suministro de combustible
3. Parte electrónica

1.- Suministro de aire: el sistema de inyección electrónica difiere del carburador en la dosificación ya que al accionar el pedal del acelerador se controla la entrada de aire y no la de combustible. Existe un sistema eléctrico que permite el paso de aire para el funcionamiento de la marcha mínima. Teniendo el múltiple de admisión un diseño especial para que llegue la misma cantidad de aire a todos los cilindros.

2.- Suministro de combustible: se usa una bomba eléctrica que se encuentra sumergida en el tanque, la cual es encargada de enviar combustible hacia los inyectores; un regulador permite mantener la presión constante en el riel de inyectores, mientras otra tubería de retorno devuelve al tanque el combustible sobrante. Los inyectores son solenoides eléctricos que dosifican y pulverizan el combustible sobre las válvulas de admisión antes de entrar a la cámara de combustión.

3.- Parte electrónica (ECU): dosifica la entrada de combustible, por lo tanto controla el tiempo durante el cual deben permanecer abierto los inyectores.

Esta cantidad de combustible depende de varios factores como la temperatura del motor, velocidad del motor, carga y posición de la mariposa (acelerador), estos cambios son captados por sensores que envían la información a la ECU.

La información que es captada por los sensores es enviada a la computadora que dosifica el combustible de acuerdo a los requerimientos del motor.

En el sistema de inyección electrónica de combustible solo pasa aire y el múltiple de admisión se puede construir de mayor diámetro, dando mayor alimentación a los motores y, en consecuencia existir mayor potencia, de igual manera el aire puede ingresar frío y por lo tanto en mayor cantidad en cada bajada del pistón, con lo que el llenado es más completo.

Si la inyección pulverizada se hace en los cilindros, es decir, inyección directa, el tiempo de contacto entre las gotas de rocío y el aire es mucho menor por lo tanto en ese breve momento se produce la oxidación que tiende a ser detonante en la mezcla, y por ello puede elevarse de 1 a 1.5 la relación de compresión utilizable para el mismo combustible.

El suministro de la mezcla a cada cilindro puede ser perfectamente medido y recibir la misma cantidad, mientras que en los carburadores hay desigualdades de hasta 30%, es decir, que en unos cilindros entra mezcla demasiado rica y en otros mezcla demasiado pobre.

La aceleración y desaceleración son más rápidas, ya que al contrario de lo que ocurre en los carburadores la cantidad de combustible inyectado cambia constantemente de acuerdo con la posición de la mariposa (acelerador).

Como el suministro puede cortarse totalmente cuando se deja de accionar el pedal del acelerador, se ahorra gasolina que siguen gastando los carburadores por el sistema de marcha mínima.

Resulta muy costoso incluir una compensación automática de altitud en un carburador, debido al enrarecimiento del aire, es decir, en las zonas de mayor altitud hay menos aire y en las de menor altitud hay más aire.

Se obtiene una notable elasticidad del motor, pues pasa de 600 a 6000 rpm, pisando a fondo o en directa, sin vibraciones, ni golpeteo, con una buena inyección electrónica.

Un motor, con inyección electrónica de combustible alcanza más potencia entre 10 a 15%, más elasticidad, menor consumo de combustible hasta un 15% y una disminución notable en los niveles de contaminación. Sobre la inyección, se puede decir que es un mecanismo más costoso y delicado que el de los carburadores.

El sistema de inyección electrónica está diseñado para suministrar la cantidad adecuada de combustible al motor en todas las condiciones de operación y demandadas del conductor. El combustible debe ser atomizado y vaporizado para permitir una mezcla de adecuada con el aire de admisión. La inyección electrónica de combustible incluye un suministro más homogéneo a cada cilindro, no es necesario el precalentamiento o del múltiple calentado, mejor rendimiento, contamina menos y hay una economía de combustible.

2.4 Clasificación de los sistemas de inyección electrónica de combustible

2.4.1 Según el número de inyector

- **Monopunto:**

Este sistema apareció por la necesidad de abaratar los costos que suponían los sistemas de inyección multipunto en ese momento (principios de la década de los 90) y por la necesidad de eliminar el carburador en los coches utilitarios de bajo precio para poder cumplir con las normas

anticontaminación cada vez más restrictivas. El sistema monopunto consiste en único inyector colocado antes de la mariposa de aceleración, en posición similar a la que tendría un carburador, donde la gasolina se manda a impulsos y a una presión aproximada de 1.5 bares comandada por el regulador de presión.

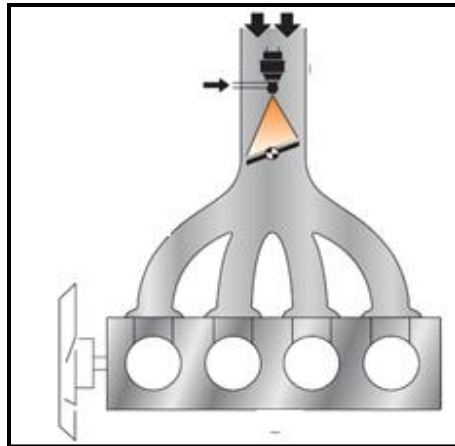


Figura 2.4: Sistema de inyección monopunto [4]

La dosificación de combustible que proporciona el inyector viene determinada por la ECU la cual, como en los sistemas de inyección multipunto recibe información de diferentes sensores. En primer lugar necesita información de la cantidad de aire que penetra en el colector de admisión, también necesita otras medidas como la temperatura del motor, el régimen de giro del mismo, la posición que ocupa la mariposa de aceleración, y la composición de la mezcla por medio de la sonda Lambda. Con estos datos la ECU elabora un tiempo de abertura del inyector para que proporcione la cantidad justa de combustible.

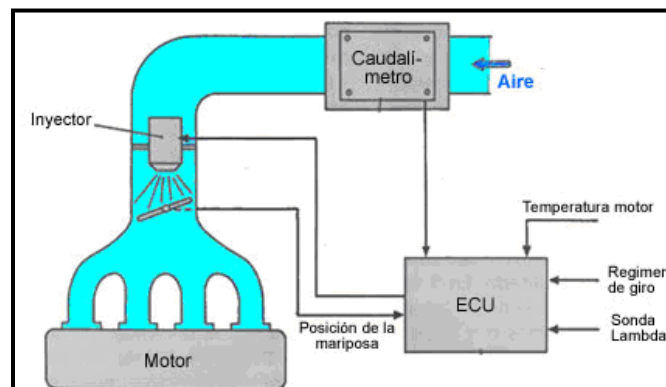


Figura 2.5: Esquema básico de un sistema de inyección monopunto [5]

- **Multipunto:**

La inyección Multipunto tiene tantos inyectores como cilindros tenga el motor. Los inyectores se alojan en el múltiple muy cerca de la válvula de admisión y pulverizan el combustible según lo indicado por el computador del auto. El sistema determina la cantidad de combustible a inyectar según las condiciones de carga, presión, temperatura en que se encuentre el motor. Para lograr lo anterior, dispone de sensores y actuadores, lo que junto al microcomputador desarrollan los programas de dosificación dados por el fabricante. Mediante el regulador de presión, en los sistemas multipunto la presión alcanza los 2 a 2.5 bar.

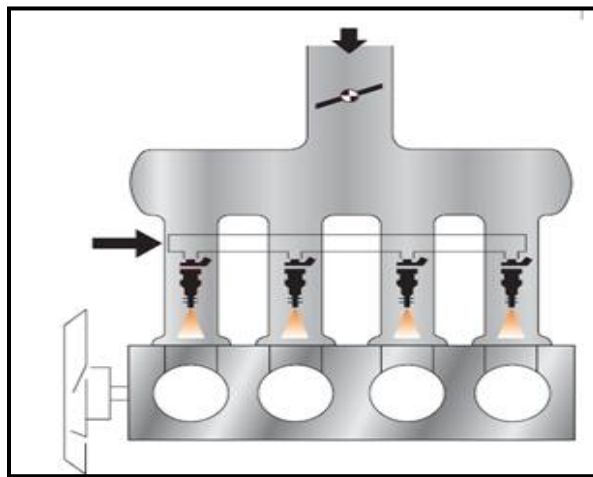


Figura 2.6: Sistema de inyección multipunto [6]

2.4.2 Según la ubicación del inyector.

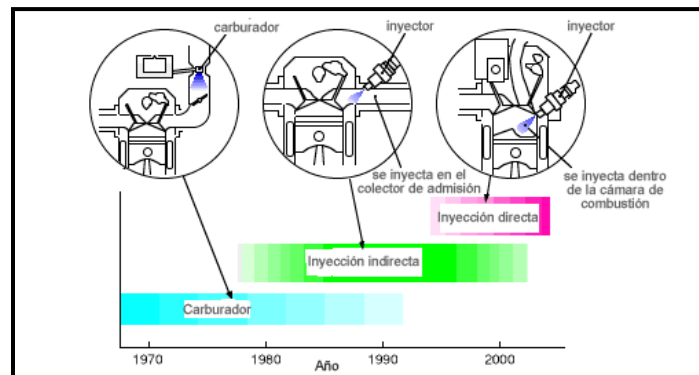


Figura 2.7: Clasificación del sistema de inyección por ubicación del inyector [7]

- **Directa en el cilindro:**

El inyector se encuentra en contacto con la cámara de combustión y lanza el combustible al interior de ésta. Este sistema se utiliza poco debido al corto tiempo para realizarse la mezcla y por los problemas tecnológicos del inyector, es decir, altas presiones y temperaturas.

- **Indirecta en el colector de admisión:**

Los inyectores están situados muy cerca de la válvula de admisión, es decir, en el colector de admisión. Es el sistema más usado actualmente.

2.4.3 Por el sincronismo de la inyección:

- **Simultánea**

Debe ser indirecta, y se basa en inyectar el combustible simultáneamente en todos los inyectores a cierta frecuencia, que no coinciden con la apertura de la válvula de un determinado cilindro, de modo que el combustible inyectado se acumula en el colector de admisión, mientras la válvula de admisión permanece cerrada. Cuando se abre la válvula se produce la entrada de la mezcla acumulada y de la nueva que se forme.

- **Semisecuencia**

El combustible es inyectado en los cilindros de forma que los inyectores abren y cierran de dos en dos. En este caso, la central de control, identifica los cilindros de la misma bancada (típico de motores en V para evitar pulsaciones en la rampa de inyección) o bien aquéllos que suben y bajan simultáneamente, como en el caso de un 4 cilindros, inyectar al mismo tiempo al 1-4 y 2-3.

- **Secuencial**

La inyección se produce solo en el momento de apertura de la válvula de admisión. El inyector regula la cantidad de combustible por el tiempo que permanece abierto, y la frecuencia de apertura depende directamente del régimen de giro del motor.

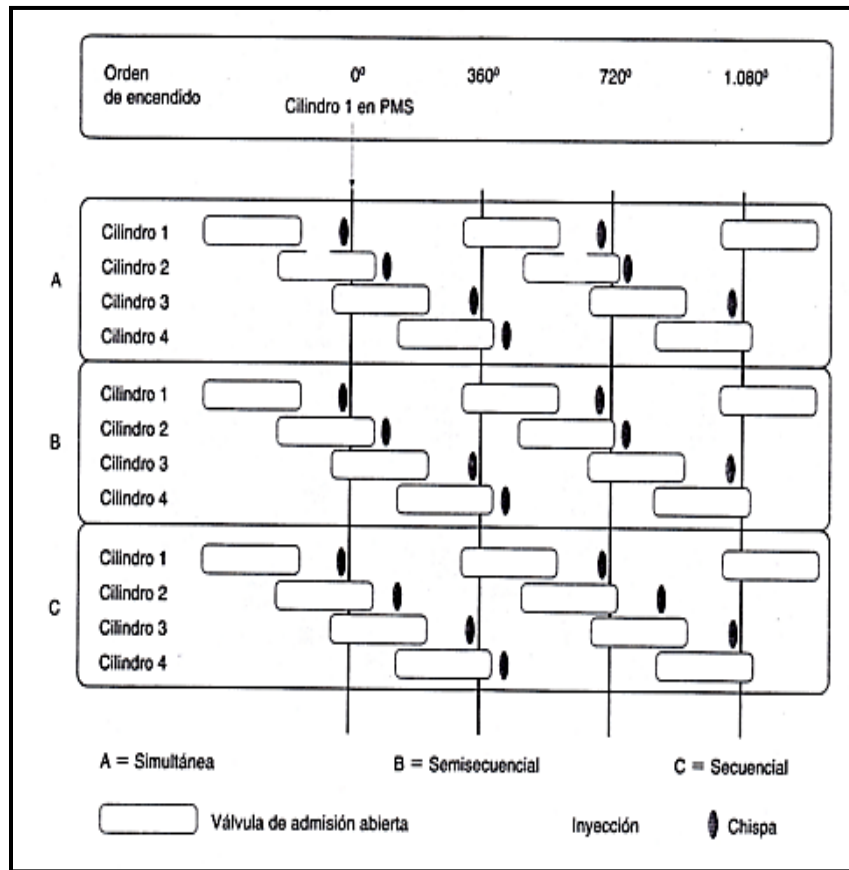


Figura 2.8: Esquema básico de la clasificación del sistema por el sincronismo de inyección [8]

2.4.4 Por el sistema de control y accionamiento de los inyectores

- **Mecánica:**

Tanto el control como el accionamiento de los inyectores son mecánicos como es el caso del sistema K-Jectronic.

Entre los sistemas mecánicos de inyección se distinguen los accionados por el motor de explosión y los carentes de dispositivo de accionamiento.

Los sistemas accionados por el motor constan de una bomba de inyección con su correspondiente regulador incorporado.

Este sistema, en la actualidad, en los motores de explosión no se utiliza.

La otra variante es un sistema que trabaja inyectando de forma continua sin dispositivo de accionamiento.

- **Mecánica electrónica:**

Difiere del sistema mecánico ya que el control es electrónico pero se mantiene el accionamiento mecánico de los inyectores esto se lo encuentra en el sistema de inyección KE-Jectronic.

- **Electrónica:**

Es un sistema más avanzado puesto que el control y accionamiento de los inyectores es electrónico. Este se lo usa en los siguientes sistemas de inyección de combustible:

- L-Jectronic
- LE-Jectronic
- Motronic
- Digifant
- Entre otros.

Las configuraciones más comunes que se usan en el mercado son:

- ✓ Inyección directa, multipunto y secuencial
- ✓ Inyección indirecta, multipunto y secuencial
- ✓ Inyección indirecta, multipunto y simultánea
- ✓ Inyección indirecta, monopunto y simultánea

Actualmente lo más moderno y con mayor uso de tecnología existen varias formas de inyectar el combustible controlado electrónicamente de acuerdo principalmente con la ubicación del inyector, el número de inyectores, el tipo de lazo y el tiempo de apertura del inyector.

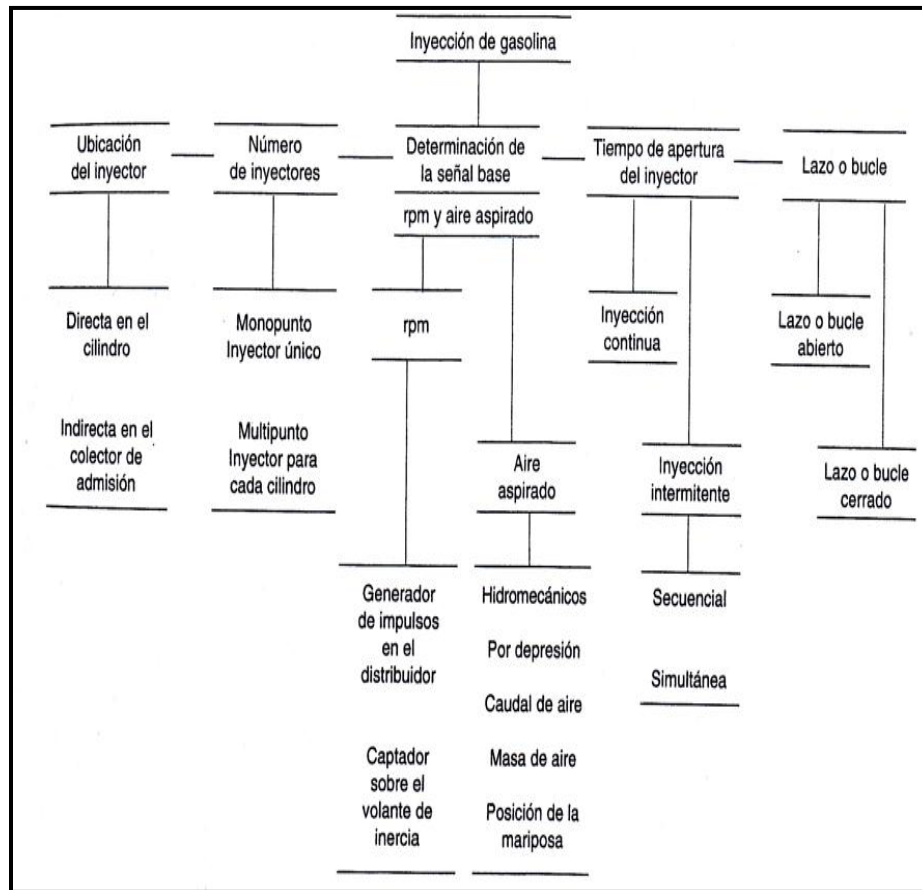


Figura 2.9: Esquema general del sistema de inyección de gasolina [9]

2.5 Inyección electrónica de combustible multipunto

El sistema de inyección multipunto es uno de los sistemas de alimentación más precisos, por lo que utiliza la electrónica para obtener una dosificación exacta, la misma que se realiza mediante el control de una serie de parámetros para determinar el tiempo correcto de inyección, los mismos que son:

- Densidad del aire
- Temperatura del motor
- Régimen de giro del motor
- Tensión de la red del vehículo
- Cantidad de oxígeno residual
- Condiciones de funcionamiento

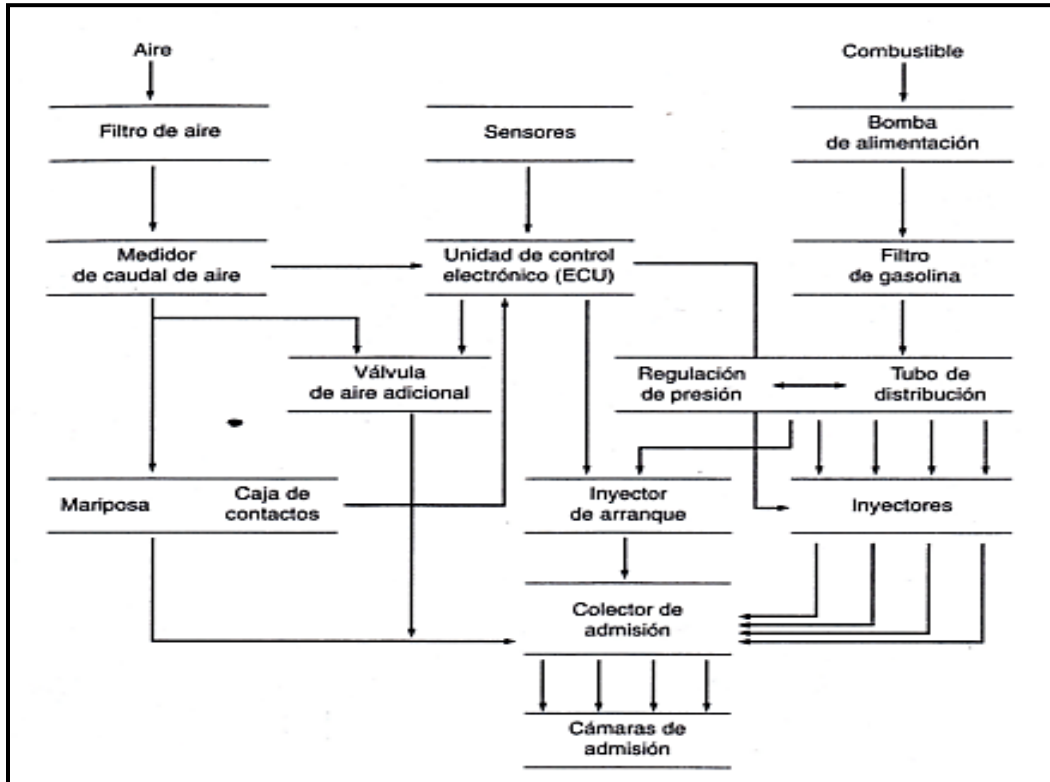


Figura 2.10: Esquema general de la inyección electrónica multipunto [10]

Estos parámetros se controlan mediante transductores que determinan modificaciones de tensión eléctrica, de acuerdo con la magnitud que controlan transmitiendo a la ECU la información, la cual será procesada, y así se transmitirá órdenes al sistema.

Tanto el aire como la gasolina antes de ser mezclados sufren diferentes procesos. El aire aspirado pasa en primer lugar por el filtro de aire, para posteriormente pasar por el medidor de flujo de aire, el cual envía una información a la ECU, la cantidad de aire que ingresa es regulada por la válvula mariposa, que a través de contactos envía la señal del ángulo de apertura a la ECU, y por la válvula de aire adicional controlada por la ECU.

La gasolina es aspirada desde el tanque hacia el filtro y el tubo de distribución por la bomba eléctrica de combustible que es activada por la corriente del relé principal regida por el interruptor de contacto y la ECU. Al pasar la gasolina por el riel llega hacia el regulador de presión donde se establece la presión de inyección, cuando esta es la adecuada pasa finalmente a los inyectores.

Los sistemas de inyección de gasolina actuales dosifican exactamente la cantidad de combustible requerida en cada régimen de giro y carga del motor. En los sistemas de inyección indirecta el combustible es inyectado en el colector de admisión antes de la válvula de admisión, por medio de un sistema de inyección gobernado mediante un dispositivo electrónico.

De esta manera se controla la mezcla estequiométrica en cada una de las condiciones de marcha del motor, lo que da como resultado niveles menores de contaminación y mayor rendimiento del motor. Obteniéndose una mayor potencia específica.

En aire solamente circula por el colector de admisión, inyectándose la gasolina antes del ingreso al cilindro, correctamente dosificada, para que el motor reciba la cantidad adecuada para las diferentes cargas del motor, de igual manera que todos cilindros reciban la misma cantidad de combustible.

2.5.1 Alimentación de combustible

En la alimentación de combustible intervienen diferentes elementos necesarios para que esta se realice de manera correcta y precisa. La misma está compuesta de:

1. Bomba eléctrica de combustible
2. Filtro de combustible
3. Riel de inyectores
4. Regulador de presión de combustible
5. Inyectores

1.- Bomba eléctrica de combustible

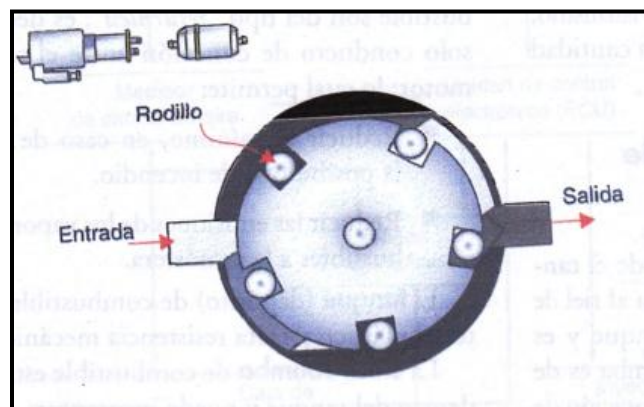


Figura 2.11: Bomba eléctrica de combustible [11]

Es la que se encarga de absorber la gasolina desde el depósito de combustible y enviarla a presión hacia el riel de inyectores. Gobernada mediante la alimentación de un relé principal, el cual es comandado por la ECU. Es de funcionamiento continuo y se encuentra ubicada dentro del tanque de combustible, la cual es activada por un motor eléctrico.

La bomba de combustible bombea presiones y volúmenes más altos de los requeridos, impulsando el combustible a presiones estables. El sistema viene equipado con un interruptor inercial, es decir una válvula roll over, que sirve de protección hacia el conductor en caso de un accidente, inhibiendo la alimentación de la electrobomba de combustible.

En la actualidad se usan los sistemas de alimentación de tipo returnless, es decir, que poseen un solo conducto de conexión entre el tanque y el motor, lo que permite:

- Reducir al mínimo en caso de accidente la posibilidad de incendio.
- Reducir las emisiones de los vapores del combustible a la atmósfera

El tanque es de material plástico y de alta resistencia mecánica. La electrobomba se encuentra dentro del tanque y puede incluir el regulador de presión de combustible, el medidor de nivel de combustible y el filtro de combustible.

La bomba no solo debe alimentar todos los conductos, sino que debe proporcionar una presión y flujos mayores que los de máximo consumo de instalación.

Usualmente la presión es de 5 bares y el caudal 2 litros por minuto, aproximadamente.

2.- Filtro de combustible

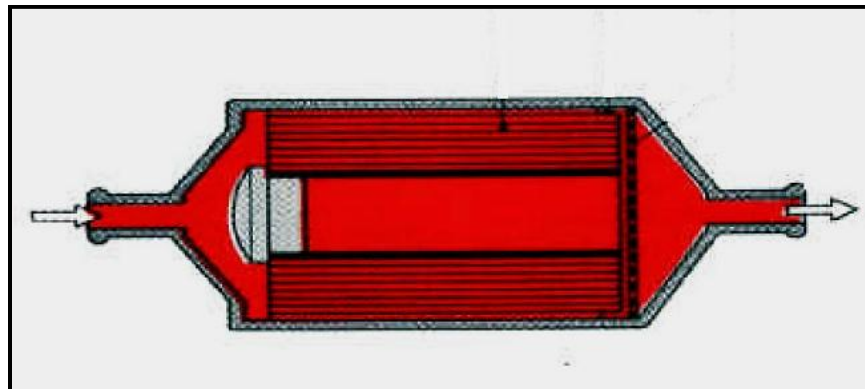


Figura 2.12: Filtro de combustible [12]

Se lo usa para retener pequeñas partículas que contiene la gasolina, para que estas no obstruyan los pequeños orificios de descarga de los inyectores. El filtro es de alta presión y debe ser remplazado de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

Suelen estar constituidos por un pequeño tamiz de malla metálica o de plástico. Están colocados a la salida del depósito.

3.- Riel o galería de inyectores

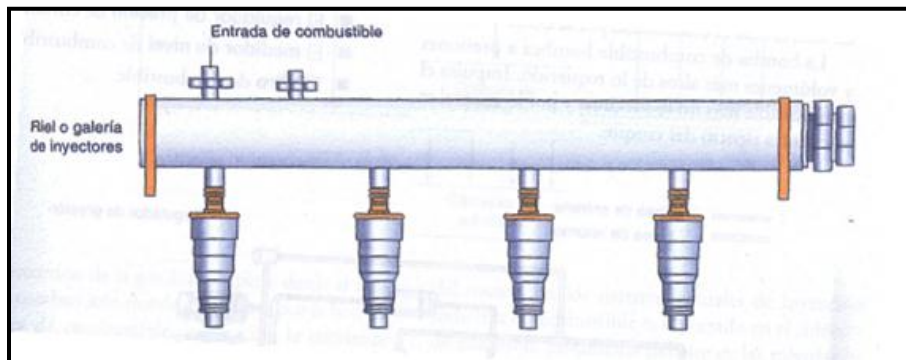


Figura 2.13: Riel de inyectores [13]

Es utilizado en los sistemas de inyección multipunto y no en los sistemas monopunto, proporciona una presión uniforme de combustible a todos los inyectores asegurando un suministro homogéneo en cada uno.

4.- Regulador de presión de combustible

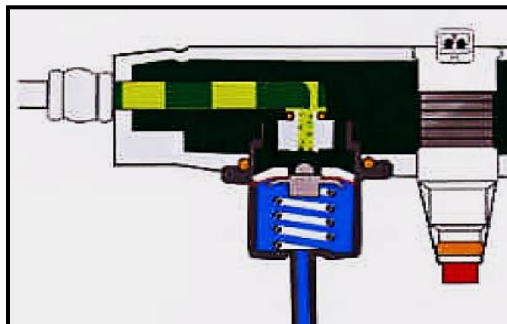


Figura 2.14: Regulador de presión de combustible [14]

La función fundamental del regulador de presión es enviar el combustible al depósito por la línea de retorno cuando se supere la presión máxima admisible en el riel de inyectores.

Este posee una conexión de vacío al colector de admisión por lo que la regulación se hace sensible a la depresión que existe en el colector, esto se lo realiza para que existan variaciones en la cantidad de combustible inyectado según varía el vacío en el colector.

Al aumentar la depresión en el colector, la cantidad de combustible inyectado en los cilindros será mayor, por lo que estas condiciones el regulador disminuye la presión de inyección, siendo compensada la cantidad de combustible que ingresa en los cilindros.

Caso contrario, cuando la depresión en el colector disminuye, el regulador aumenta la presión de inyección, compensándolo con menor cantidad de combustible inyectado en los cilindros. Hay que recordar que los rangos de regulación de presiones siempre serán menores que la presión máxima que desarrolla la bomba eléctrica de combustible.

El dispositivo posee una membrana, que en su interior existe una válvula mediante la cual se puede abrir o cerrar la válvula de rebose. Posee dos partes una cámara de presión y otra opuesta regida por la acción de un muelle y de la depresión que se tiene en el colector de admisión.

El combustible entra en la cámara de presión y la membrana se mantiene cerrando el conducto de rebose mientras la presión del combustible no supere la opuesta del muelle y la depresión. Con el motor funcionando a plena carga, la mariposa se encuentra totalmente abierta, por lo que la presión en el colector de admisión es aproximadamente la atmosférica, de modo que no ejerce influencia sobre el muelle. Pero si la mariposa se encuentra cerrada o casi cerrada, la depresión existente en el colector de admisión es alta, y esto afecta la abertura de la membrana. La depresión tira la membrana hacia abajo por lo que la presión de tarado del regulador de presión baja. Entonces, se tiene menor presión de riel de inyectores por lo que al abrir el inyector la cantidad de combustible que se inyecta es menor.

5.- Inyectores

En la actualidad se usan inyectores gobernados eléctricamente, es decir son solenoides de regulación eléctrica, que pueden estar abiertos permitiendo el paso del combustible o cerrados bloqueándolo.

La ECU es la encargada de mandar los impulsos eléctricos que gobiernan la apertura de los inyectores. El tiempo de duración de los impulsos determina el tiempo de apertura de la aguja pulverizadora y debido que la alimentación del inyector es constante, la cantidad de combustible inyectado será proporcional al tiempo de duración del impulso eléctrico.

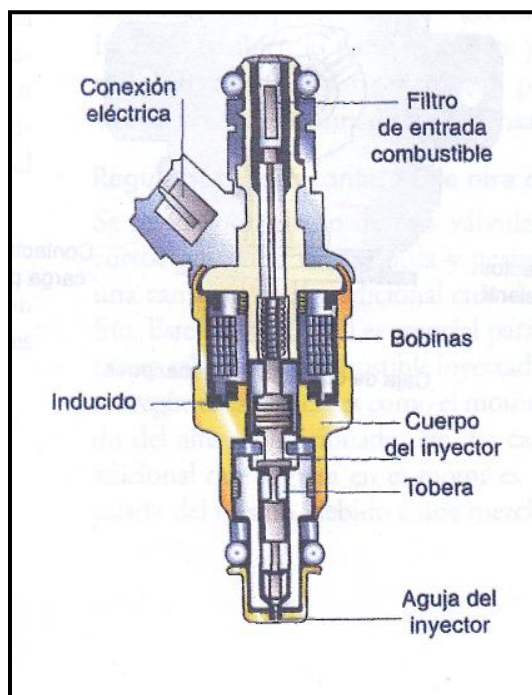


Figura 2.15: Inyector [15]

El inyector se compone de una aguja pulverizadora que cierra el paso del combustible a través de la tobera. La boquilla junto con la aguja pulverizadora y la presión de tarado del muelle y de alimentación, determinarán la forma de inyección. La aguja forma parte de un vástago y va encajada en una armadura que se desplaza dentro de una bobina. El muelle tarado presiona el vástago y por consiguiente la aguja hacia su asiento en la tobera impidiendo el paso del combustible.

El combustible llega al conducto de alimentación a través de un tubo de conducción llega hasta la punta de la aguja. Por otro lado, la válvula tiene una conexión hacia el exterior por el cual se envía el impulso eléctrico que provoca un campo magnético en la bobina que induce el vástago a desplazarse, abriendo la aguja de paso de combustible a través d la tobera.

La punta del inyector está diseñada para pulverizar el combustible, el ángulo del inyector, el patrón de rociado, y la distancia a la válvula de admisión son características muy importantes en el diseño, las cuales cambian de un motor a otro.

Para mantener una alimentación saturada del inyector, se aplica una intensidad elevada y no controlada. La resistencia para sistemas simultáneos suele ser de 16 ohmios, y de 3 ohmios para sistemas secuenciales. La intensidad máxima es de 4 amperios.

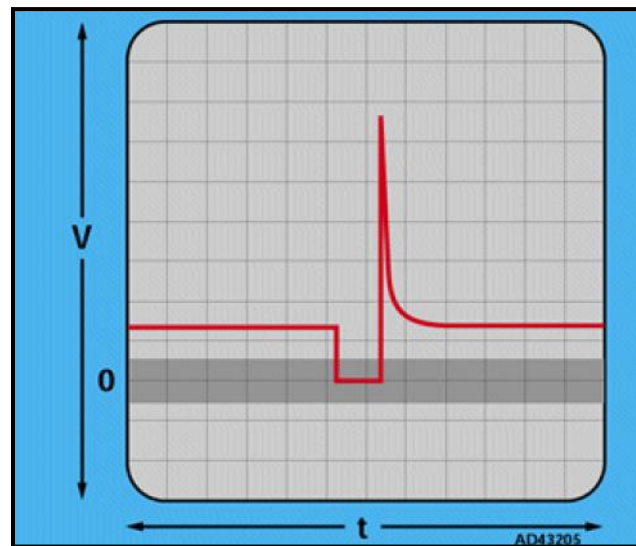


Figura 2.16: Curva del inyector [16]

Para mantener una alimentación del inyector con intensidad controlada, la apertura se realiza con una corriente elevada, cuando este se encuentra abierto se mantiene constante la intensidad para mantenerlo abierto. La reducción de intensidad disminuye la necesidad de refrigeración de los inyectores y de la etapa de potencia que alimenta a los inyectores.

Se obtiene una alimentación de los inyectores con una tensión controlada, cuando la apertura se realiza con elevada intensidad y no controlada de 4 amperios aproximadamente. Una vez abierto solo se necesita una pequeña intensidad para mantenerlo abierto, y se lo mantiene con pulsos de tensión controlada.

2.5.2 Sistema de Aire

La posición de la mariposa es importante para la gestión electrónica del motor, ya que esta representa el estado de ralentí, media y plena carga del motor, y la voluntad del conductor para obtener mayor potencia para aceleraciones en todas sus variaciones.

- **Sensor de posición de la mariposa TPS**

Este sensor es el encargado de indicar la posición física inicial y final de la mariposa para conocer la cantidad necesaria de combustible que debe ser inyectado. Existen sistemas en los cuales no constan de potenciómetros, para el seguimiento de la posición de la mariposa, se basa en la variación de lectura del elemento de medición del flujo de aire.

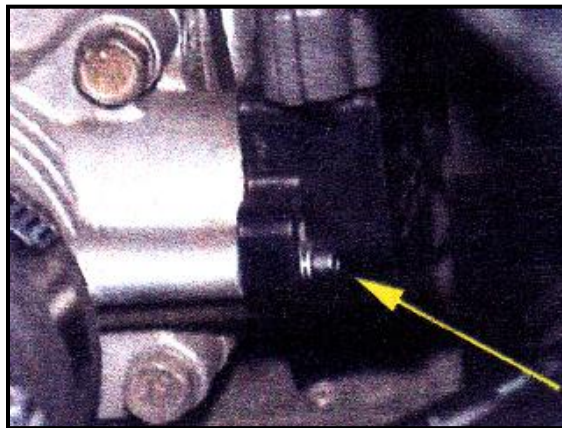


Figura 2.17: Sensor TPS [17]

En los sistemas la ECU puede gestionar los sistemas estacionarios del motor, sin conocer la posición física de la mariposa, para gestión de estados transitorios positivos y negativos, es necesario saber la posición real de la mariposa.

La cantidad de combustible inyectado depende de los transitorios positivos, este incremento debe ser justo no escaso ni exagerado ya que repercute en el incremento del par de los contaminantes.

Su funcionamiento se basa en una resistencia variable, que al moverse la mariposa obliga a las resistencias R1 y R2 a cambiar su valor, este valor es el usado por la ECU para determinar la posición física de la mariposa.

- **Regulación del par**

La ECU calcula el par que necesita el motor, de acuerdo con las diferentes demandas, las cuales pueden ser internas o externas:

Externas:

- ✓ Deseo del conductor
- ✓ Limitación de velocidad del vehículo
- ✓ Confort de conducción
- ✓ Dinámica de conducción

Internas:

- ✓ Ralentí
- ✓ Protección mecánica
- ✓ Limitación de revoluciones
- ✓ Precalentamiento del catalizador

Mediante el coordinador el cual se encarga de establecer prioridades y llegar a calcular el par motor necesario, sin afectar a la eficiencia de la combustión, el mismo que es un factor importante y que debe ser considerado ya que afecta directamente al par motor.

Debe recoger parámetros importantes de:

- ✓ Transmisión de la temperatura del líquido refrigerante
- ✓ Transmisión de la temperatura del aire de admisión
- ✓ Sonda Lambda
- ✓ Angulo de avance de encendido

La ECU toma en cuenta el par inefectivo, aquel que es absorbido por el alternador, compresor, etc., compensándolo mediante el acelerador electrónico, provocando el aumento en la apertura de la mariposa.

- **Actuador de Ralentí**

La ECU mediante una señal eléctrica regula directamente la posición de la mariposa. El actuador se encuentra montado en el cuerpo de la mariposa, constituido por un motor de corriente continua que

regula la apertura de la mariposa de 0° a 15° , está integrado por un potenciómetro que transmite directamente a la ECU la posición angular.

- **Determinación del flujo de aire**
-

SENSOR DE CAUDAL DE AIRE (VAF)

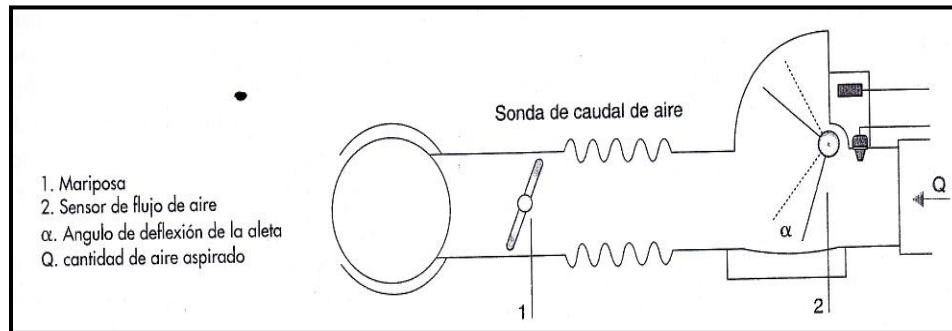


Figura 2.18: Sensor VAF [18]

Mide el volumen de aire aspirado por el motor, lo que determina su estado de carga, la medición del caudal determina principalmente el tiempo que los inyectores deben permanecer abiertos.

Este consta de una mariposa-sensor, que puede girar sobre un eje central, cuando el motor aspira aire, este empuja la mariposa de aire para acceder al interior del cilindro, posee en su extremo una mariposa de compensación que permite amortiguar las pulsaciones que se producen. La posición de las dos mariposas se determina por un potenciómetro que envía una señal eléctrica a la ECU, que junto con la señal del sensor de la temperatura de aire de admisión, le permite determinar la cantidad de masa de aire que se encuentra circulando por el colector.

Consta de un bypass por donde el aire deja en cortocircuito la mariposa sensor, que sirve para la alimentación durante el régimen de ralentí, dispone de un tornillo para el reglaje y usado para ajustar la emisión de CO durante el ralentí. Cualquier modificación de la posición de la mariposa-sensor se transmite al potenciómetro, lo cual modifica continuamente la tensión de la señal enviada a la ECU.

- **Sensor de Masa de Aire**

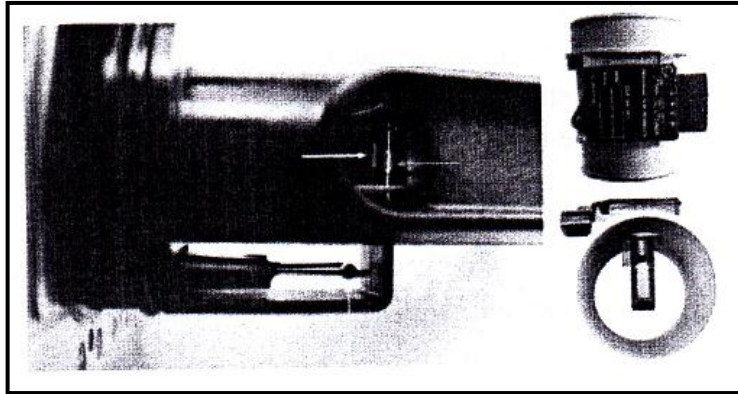


Figura 2.19: Sensor MAF [19]

El sensor de hilo caliente mide la masa de aire directamente, es un sistema de medición totalmente eléctrico y no está sujeto a fallo mecánico.

El hilo caliente se lo lleva hasta unos 600°C , la temperatura y cantidad de masa de aire que penetra por el colector de admisión, ejercen un acción refrigerante sobre el hilo caliente mediante la cual se logran variaciones en su resistencia eléctrica, enviado esta señal a la ECU, respondiendo con una corriente de mayor intensidad para aumentar este modo de calentamiento.

Las diferencias de corriente son las que determinan la masa de aire que atraviesa por el hilo de platino. Una de las ventajas es que permite trabajar con aire de diferente densidad, según la altura que se trabaje, por su modo de corrección automática.

En los sistemas de inyección actuales se incorpora un sensor de temperatura del aire de admisión, con la finalidad de comprobación y en modo de avería. En caso de falla, la ECU determina la cantidad de aire que ingresa a través de la señal del potenciómetro de la mariposa y del sensor de temperatura del aire de admisión.

- **Sensor de presión barométrica**

La función de este sensor es medir la presión atmosférica y la convierte en u voltaje que envía a la ECU, la misma utiliza esta señal para calcular la altitud a que funciona el vehículo y corrige la mezcla aire/combustible y la distribución de encendido, mejorando así la conducción a gran altitud.

2.5.3 Determinación de la temperatura del motor

Para la determinación de la temperatura del motor se usa una resistencia de tipo NTC termistor de coeficiente negativo, que está en contacto directamente con el líquido refrigerante.

Estos resistores disminuyen su resistencia proporcionalmente al incremento de la temperatura. Esta variación es detectada por la ECU, la cual ajusta los pulsos de inyección de acuerdo al incremento de temperatura del motor.

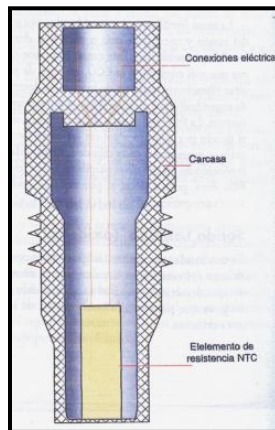


Figura 2.20: Sensor ECT [20]

Básicamente la ECU disminuye los pulsos de inyección en la medida en que el motor se calienta, y aumenta los pulsos de inyección cuando el motor está frío. La señal de este elemento es de tipo analógico y la información la porta la variación de tensión entre sus bornes.

2.5.4 Sonda Lambda

Es una sonda que analiza los gases de escape cuando estos circulan por el sistema de escape, detectando posibles efectos o excesos de oxígeno provocando la intervención de la ECU para controlarlos.

Está constituido por un cuerpo cerámico, compuesto principalmente de dióxido de zirconio, puede ser también de titanio, y sus superficies internas y externas están provistas de electrodos revestidos con una fina capa de platino, el cual es permeable a los gases.

La zona externa está recubierta de una capa cerámica porosa, que protege la superficie del electrodo contra el ensuciamiento de la combustión. A partir de los 300° la cerámica se vuelve conductora para los iones de oxígeno, estableciendo una tensión eléctrica en los bornes de la sonda.



Figura 2.21: Sonda Lambda [21]

En los primeros modelos eran los propios gases de escape los que calentaban la sonda, pero los principales inconvenientes era que se demoraba algunos segundos en calentarlo, lo cual incrementaba las emisiones de los gases contaminantes durante el arranque en frío, ya que al no funcionar la sonda lambda la ECU no puede corregir el combustible inyectado. Actualmente la sonda se calienta artificialmente mediante una resistencia eléctrica antes de poner en marcha el motor, es decir usan sonda lambda calefactada.

Cada uno de los electrodos se encuentra en contacto con un medio diferente, es decir, por un lado los gases de escape y por el otro el aire ambiente. Si el contenido de oxígeno de ambos lados en contacto con los electrodos difiere, aparece entre ellos una resistencia eléctrica. Como la cantidad de oxígeno en los gases de escape es función de la riqueza de la mezcla, la sonda lambda es capaz de detectar y medir esta riqueza, enviando la señal conveniente a la ECU para que corrija el pulso de inyección.

2.5.5 Determinación del régimen de giro del motor

Las rpm de funcionamiento del motor son el principal principio de análisis de la ECU del sistema de inyección, y este análisis está siempre presente en todos los sistemas de inyección electrónica.

Si el sistema de inyección es de tipo secuencial, se necesita una información adicional sobre la posición exacta del pistón, por lo cual será necesario una segunda señal de referencia en este caso siempre del árbol de levas.

Los sistemas multipunto simultáneos no requieren una sincronización exacta para determinar el momento de la inyección, en estos casos basta con la señal de la posición del PMS de la señal de las rpm o la señal del circuito primario de encendido.

- **Señal del circuito de encendido**

Esta señal se los puede usar por los sistemas de inyección de tipo multipunto simultáneos para determinar las rpm del motor y sincronizar la inyección.

En los motores de cuatro tiempos y cuatro cilindros, es decir, de dos saltos de chispa por vuelta del cigüeñal, será necesario incorporar un divisor de frecuencia en la ECU, ya que estos sistemas normalmente activan todos los inyectores simultáneamente una vez por vuelta de cigüeñal. La determinación de las rpm se las efectúa tratando la señal del circuito conformador, que convierte en la señal en pulsos cuadrados, luego por un divisor de frecuencia y finalmente por un contador de pulsos.

Algunos sistemas utilizan también esta señal como elemento de seguridad pasiva del vehículo, es decir, si no aparece esta señal después de haberse puesto en marcha el motor, se desconecta completamente el sistema de inyección y fundamentalmente la alimentación de la bomba de combustible.

- **Señal Hall en el distribuidor**

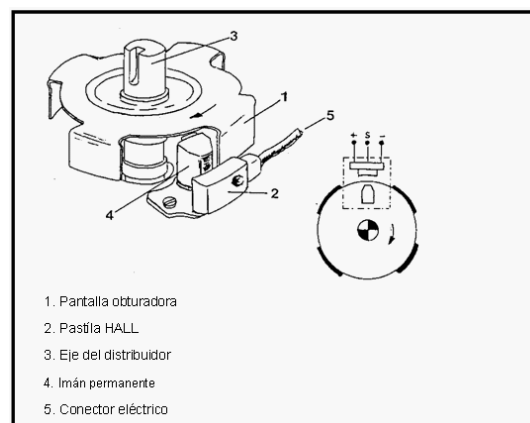


Figura 2.22: Sensor CMP [22]

Los sistemas de inyección multipunto secuencial, Este sensor es el encargado de proveer información acerca de las revoluciones del motor y posición de los pistones sincronizando así la chispa producidas en las bujías, debiendo para ello como requisito imprescindible la puesta a punto del distribuidor para que se pueda seguir el orden lógico de encendido de las bujías.

Básicamente este sensor permite el pasaje a intervalos alternados de un campo magnético generado por un imán. Un rotor en movimiento giratorio va impidiendo y permitiendo dejar pasar este campo alternadamente.

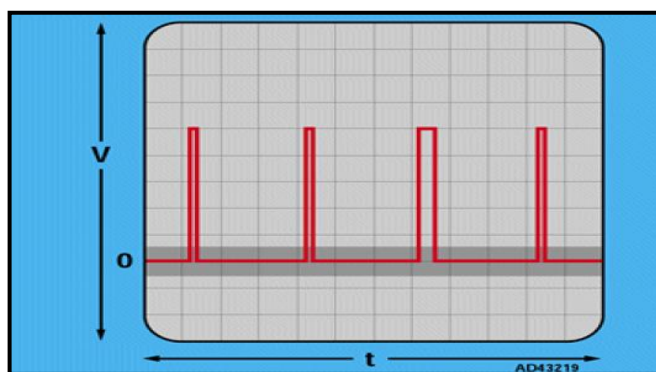


Figura 2.23: Curva del sensor CMP tipo Hall [23]

Cuando el rotor deja pasar el campo magnético entonces éste es recibido por un generador hall. En estos momentos el generador hall presentara varios volts de tensión, descendiendo a valores inferiores a los 0,7 volts cuando el campo magnético es interrumpido por el rotor. La señal generada por el sensor hall, en un osciloscopio esta señal se observara como una onda de forma cuadrada fluctuando entre los 0 y 12 volts.

2.5.6 Unidad de control electrónico

En la inyección electrónica de combustible se utiliza una diversidad de captadores y sensores que proporcionan información a la unidad de control electrónico ECU, ECM, PCM, con el fin de controlar la inyección de combustible.

La unidad de control electrónico es la parte básica del equipo de inyección electrónica, ya que recibe todas las informaciones de los captadores y sensores, y se encarga de su procesamiento para dar órdenes precisas para la correcta dosificación de la mezcla.



Figura 24: ECU

El resultado final de la gestión de la ECU es la determinación del tiempo e instante de la inyección y el salto de la chispa de encendido.

- **Gestión de lazo o bucle abierto**

Dispone de tres entradas de información: los contactos del ruptor, cuya señal se hace pasar previamente por un conformador de impulsos, que transforma las señales recibidas en diferentes señales rectangulares, y después, por un divisor de tensión. Esta señal tratada informa de los momentos del salto de la chispa de la bujía y, con ello, las proximidades del PMS del pistón.

Por otro lado, se recibe la información del sensor de flujo de aire, que determina el tiempo de inyección. Finalmente, una entrada del bloque de detección de la magnitud de las correcciones, determina las correcciones que deben hacerse para conseguir una dosificación adecuada a las condiciones de funcionamiento en cada instante, gracias a la información de los contactos de la mariposa y TPS. La ECU se encarga de regular el tiempo de inyección de los inyectores y, conceptualmente, esta regulación es del tipo de lazo abierto.

La unidad de control del sistema procesa la información recibida de los diferentes sensores, que portan una información prácticamente completa del régimen del motor. La duración del tiempo base

de inyección se realiza en una parte del circuito denominado multivibrador, donde se analiza la información del régimen y flujo de aire, sin tener en cuenta eventuales correcciones.

Una etapa multiplicadora recoge las informaciones concernientes a los estados de funcionamiento del motor, arranque en frío, plena carga, etc., el tratamiento de esta información da un tiempo de corrección. La variación de la tensión de la batería puede afectar el tiempo de apertura de los inyectores; de ser necesaria alguna compensación se hace en la etapa multiplicadora. Finalmente el tiempo de inyección resultante que envía la unidad de control a los inyectores será la suma de los tiempos anteriores.

Esto significa que la ECU diferencia el tiempo e impone la señal de inyección, según ha sido programada en fábrica, pero no recibe ninguna información de la dosificación que realmente se está realizando.

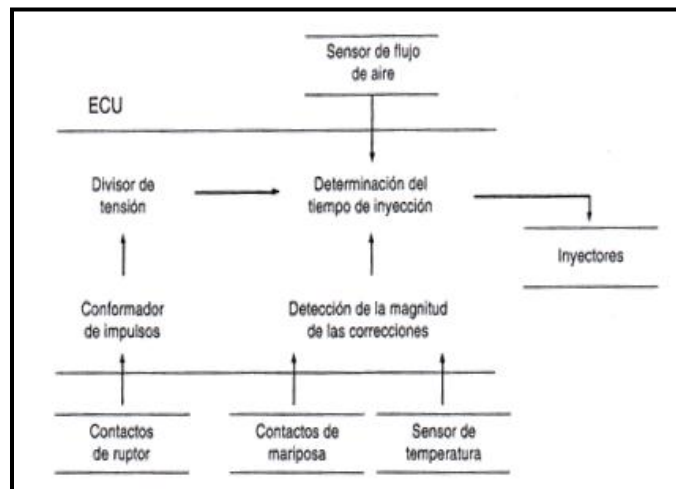


Figura 2.25: Esquema de funcionamiento de la ECU en lazo abierto [25]

▪ Gestión de lazo o bucle cerrado

Las normas anticontaminación actualmente obligan al empleo de catalizadores, los cuales ofrecen una eficiencia directamente condicionada a la relación aire combustible, que se establece en la mezcla al ser introducida en el cilindro.

La sensibilidad a este parámetro es alta, de modo que se introduce una sonda lambda para realimentar a la ECU y conseguir una relación de lazo cerrado.

La sonda lambda, situada en el escape, informa si la mezcla es rica o pobre, lo que permite modificar la inyección realizada por la ECU para el aporte de combustible a las condiciones de una adecuada eficiencia del catalizador.

El siguiente paso, después de la regulación de la relación aire/combustible, es incorporar la regulación y control del sistema de encendido de la ECU. De esta forma, la ECU controla conjuntamente el momento y tiempo de inyección, la bomba de combustible y el momento de encendido con su avance controlado electrónico.

- **Arquitectura de la ECU**

La ECU contiene un conformador de impulsos, un convertidor analógico digital, un bus digital de transmisión y una microcomputadora.

- **Controlador de impulsos**

Recibe los impulsos de tensión de los órganos de información del encendido. Estos impulsos son modificados en magnitud y forma, para que sean procesados en la microcomputadora. Una vez hechas las modificaciones pasan al circuito de entrada y salida.

- **Convertidor analógico digital**

Es el encargado de recibir las señales que se producen por variaciones de tensión y que corresponden al resto de la información producida por los sensores. Sin embargo, las variaciones de tensión que pueden ser procesadas de una manera analógica son convertidas en señales digitales.

Los datos son distribuidos de acuerdo con su frecuencia a través del intercambiador de datos que los transporta el bus. El bus está formado por un conjunto de líneas de transmisión que permite el acceso a todas las unidades preparadas para la recepción. Las vías a través de las cuales se alimentan de información cada una de las unidades integradas fundamentales de la ECU, son:

1.- Microprocesador

Contiene en su interior tres unidades fundamentales:

- **Unidad lógica de cálculo (ALU).**- Realiza las operaciones aritmética y las operaciones lógicas. Los programas y datos que precisa los obtiene la memoria RAM, que almacena los datos suministrados por los sensores.

- **Acumulador.-** Es una memoria intermedia que le permite a la ALU guardar datos, mientras trabaja con otros que tiene relación con lo que está procesando.
- **Unidad de control.-** Es el elemento activo que solicita los datos, controla las entradas, las salidas y el desarrollo de las operaciones.

2.- Memoria ROM

La memoria ROM mantiene grabado los programas con todos los datos, cartografías, etc., con los que funciona el sistema. Es una memoria de solo lectura.

3.- Memoria RAM

Es la memoria en la que se almacenan todos los datos que proporcionan los sensores hasta el momento que son requeridos por el microprocesador, en cuyo momento son sobregabados con los nuevos datos que se reciben de los sensores. Este trabajo se repite de manera constante durante el funcionamiento de la ECU.

Los datos elaborados se envían al exterior a través de las etapas de salida, que envían señales eléctricas a la bomba de combustible, a la bobina de encendido y a los inyectores.

4.- Memorización de errores y estructura de la memoria de errores

Los errores quedan memorizados en la ECU en el orden que van apareciendo, cuando se presenta un defecto por primera vez y el estado de errores permanece durante un tiempo mayor de 0.5 segundos, el defecto se memoriza como permanente, se activa la función de emergencia modo de falla.

A cada error se le asigna un contador de frecuencia; cuando el fallo se presenta por primera vez, el contador (puede cambiar en algunos modelos) se pone en 68. Si desaparece el fallo, el contador se queda en el valor actual y si aparece nuevamente aumenta una unidad hasta un límite de 128.

El contador va disminuyendo cada vez que se pone en marcha el motor sin que aparezca el fallo y cuando el contador llega a cero, el fallo se borra automáticamente de la memoria de fallos.

El testigo de fallos se enciende cuando hay un defecto memorizado como presente e importante y cada vez que se conecta el encendido del motor. Si no hay fallos importantes presente el testigo se apaga normalmente. Los errores almacenados en la memoria de la ECU pueden borrarse accediendo directamente a la memoria EPROM, donde están almacenados mediante la opción “Borrado de

memoria de errores”. Debido a que el protocolo de la memoria de fallos es codificado como es necesario utilizar los equipos de diagnóstico propios de cada fabricante u otro scanner universal.

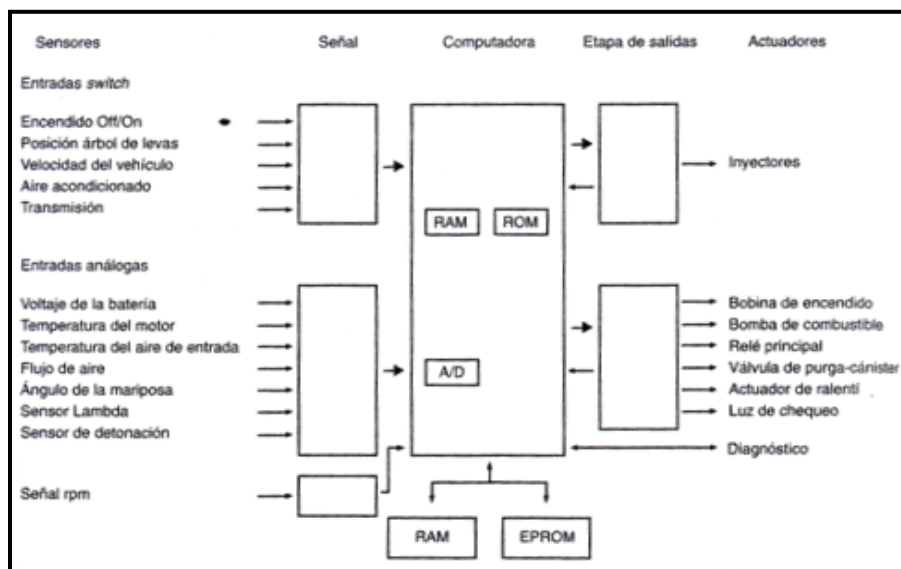


Figura 2.26: Arquitectura de la gestión electrónica del sistema de inyección Motronic [26]

5.- Autoadaptación del sistema

Los sistemas actuales están dotados de una función de Autoadaptación en la ECU, la cual reconoce los cambios que se producen en el motor debido a procesos de ajuste en el tiempo o al envejecimiento de los componentes o del mismo motor.

Los cambios se memorizan como modificaciones en el mapa básico y su objetivo es adaptar el funcionamiento del sistema a las alteraciones progresivas del motor y sus componentes, respecto a las características de los mismos cuando eran nuevos.

La función de Autoadaptación permite comenzar las diferencias de los componentes que se hayan podido sustituir.

La ECU, mediante el análisis de los gases de escape, modifica el mapa básico respecto a las características del motor cuando era nuevo.

CAPÍTULO III

3. TIPOS DE SISTEMAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA USADOS EN LA VOLKSWAGEN

3.1 Sistema de inyección mecánica K-Jectronic de Bosch

El K-Jectronic no se controla electrónicamente porque es un sistema mecánico. De hecho es uno de los sistemas de inyección no electrónicos más sencillos. Difiere de otros sistemas mecánicos de inyección en tres puntos:

1. El combustible se inyecta continuamente
2. No se usa una impulsión mecánica
3. La medición de combustible se basa en la medición del flujo de aire

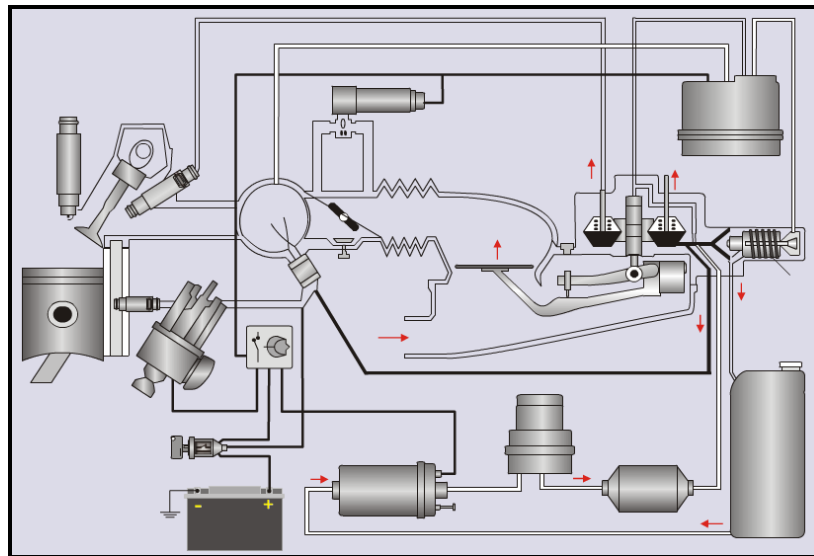


Figura 3.1: Sistema de inyección K-Jectronic de Bosch [27]

Después de ver todos los medios posibles para eliminar la impulsión mecánica, algunos ingenieros de Bosch llegaron a la conclusión que lo mejor es adaptar una inyección continua, esto quiere decir, que se desarrollaría un método de medición continua del flujo de aire, así como una medición continua del combustible.

Es decir, es un sistema mecánico que rocía continuamente el combustible a través de los inyectores. El rocío de combustible es una relación mínima para proporcionar a cada cilindro la cantidad adecuada de aire combustible. Una característica importante de éste, es que el control de la inyección se hace por medio de la acción hidráulica de combustible que pasa a través del sistema. Los sistemas de inyección mecánicos no son capaces contar con tolerancias de consumo de vacío de aire del motor, y tampoco permiten los efectos en la recirculación parcial de gases de escape. Por otra parte, la medición del flujo de aire teórico permitiría al menos que estos factores influyeran en la medición del combustible en el grado apropiado. Se eligió también una inyección continua porque un sistema mecánico no puede aliarse fácilmente con el disparo eléctrico de la inyección.

Los ingenieros de Bosch pensaron que el ingrediente principal para controlar adecuadamente las proporciones aire-combustible, en una amplia gama de condiciones operacionales, era medir el flujo de aire que se enviaba al motor.

Este flujo no puede medirse con exactitud, sin embargo, para la operación adecuada del motor, los números no importan. Lo que es necesario es un dispositivo que transmita una señal con exactitud, en una escala dispuesta en progresión lineal a medida que aumenta el flujo de aire. Eso es lo que hace un carburador, pero el K-Jectronic no es un carburador. Al medir el flujo de aire, los ingenieros de Bosch eligieron el principio de control que prometía dar la concordancia más próxima con lo que sucede en el motor, para poder controlar con mayor exactitud las emisiones de escape. La inyección mecánica K-Jectronic se usa en los siguientes vehículos:

VEHÍCULO	AÑO
Audi 80/90/Coupe/Quattro	1983-97
Audi 100/200 Quattro	1984-88
Audi 200 Turbo/200 Turbo Quattro	1983-88
Audi Quattro	1980-87
Audi 100 2.0	1989-92
Ford Escort XR3i	1982-90
Ford Orion 1.6i	1983-90
Ford Sierra XR4i/Xr 4x4	1983-88
Ford Granada 2.8i	1977-85
Ford Capri 2.8i	1981-87
Mercedes-Benz 230E/TE/CE (123)	1976-85
Mercedes-Benz 280SE/SEL (116)	1976-80
Mercedes-Benz 350SE/SEL (116)	1976-80
Mercedes-Benz 450 SE/SEL (116)	1975-80
Mercedes-Benz 280SE/SEL (126)	1979-86
Merc-Benz 380SE/SEL/SEC (126)	1979-86
Merc-Benz 500SE/SEL/SEC (126)	1979-86
Mercedes-Benz 280SL/SLC (107)	1974-86
Mercedes-Benz 350SL/SLC (107)	1976-80
Mercedes-Benz 380SL/SLC (107)	1979-86
Mercedes-Benz 450SLC (107)	1978-79
Mercedes-Benz 500SL/SLC (107)	1978-81
Renault 30 TX	1978-84
Saab 900	1979-91
Saab 900 Turbo	1979-91
Volkswagen Golf/Jetta GTi	1976-90
Volkswagen Golf GTi 16V	1985-90
Volkswagen Jetta GTi 16V	1985-90

Figura 3.2: Vehículos con sistema K-Jectronic [28]

3.2 Sistema de inyección mecánica KE-Jectronic de Bosch

El aire comienza a fluir hacia el motor cuando éste está encendido. El flujo de aire levanta la placa del sensor, que a su vez levanta la leva de control en el distribuidor de combustible. Al levantarse la leva el combustible fluye de las cámaras inferiores del distribuidor a través de las ranuras de medición, dentro de las cámaras superiores y cierra los inyectores.

A medida que el flujo de aire cambia, la posición de la leva también altera la cantidad de combustible que entra al motor. Si el motor está frío el inyector de arranque en frío rociará de 5 a 10 segundos. Cuando la temperatura alcanza los 35°C, el inyector dejará de funcionar.

Durante el calentamiento del motor, la entrada del sensor de temperatura del refrigerante a la ECU provoca el incremento de flujo de corriente a través del actuador electrohidráulico, para enriquecer la mezcla. Al calentarse el motor, la corriente disminuye y empobrece la mezcla hasta cuando el motor alcanza la temperatura de operación; el sensor de temperatura del refrigerante da paso al sensor Lambda.

Durante la operación de calentamiento normal, el sensor de flujo de aire levanta la leva de control del distribuidor de combustible en forma proporcional al volumen de aire que entra al motor. Al levantarse la leva, el combustible fluye de las cámaras inferiores a las superiores del distribuidor de combustible.

Si la presión en las cámaras inferiores es menor o igual a la de las cámaras superiores, entonces el diafragma separa las cámaras superiores e inferiores y desvía hacia abajo el combustible y este fluye hacia los inyectores.

Cuando la presión excede los 30 Psi, los inyectores se abren y fluyen hacia el múltiple de admisión. El sensor Lambda indica a la ECU si es necesario que se altere la corriente que pasa por el actuador electrohidráulico, para que se corrija la relación aire-combustible.

El interruptor del acelerador es utilizado en conjunto con el potenciómetro del sensor de flujo de aire para comunicar a la ECU la carga del motor. Si la ECU detecta un incremento en el flujo de aire y en la apertura completa de la mariposa del acelerador, la corriente a través del actuador electrohidráulico se incrementará, el sensor Lambda es ignorado y la mezcla se enriquece.

Cuando el interruptor de la mariposa del acelerador comunica un cierre y el potenciómetro de flujo de aire comunica una disminución de flujo de aire, la corriente a través del actuador electrohidráulico se invierte y se corta el flujo de combustible.

El sistema Bosch KE-Jectronic es básicamente un sistema de combustible mecánico, con determinadas funciones controladas electrónicamente.

La inyección mecánica KE-Jectronic se usa en los siguientes vehículos:

VEHÍCULO	AÑO
Audi 90 2.0 kat	1987-90
Audi 90 2.3E kat	1987-90
Audi 80 1.8 kat	1986-92
Audi 80/90 1.9 kat	1986-92
Audi 100/200 1.8 kat	1985-92
Audi 80/90 2.0	1990-92
Audi 100 2.2 kat	1984-91
Audi Quattro 2.2 kat	1984-91
Audi VW Passat 2.2 kat	1984-91
Audi 100 2.3E/100 Quattro	1987-91
Mercedes-Benz (201)	1982-90
Mercedes-Benz 230E (124)	1985-90
Mercedes-Benz 260E (124)	1985-90
Mercedes-Benz 300E/CE/TE (124)	1985-90
Mercedes-Benz 260 SE (126)	1985-90
Mercedes-Benz 300 SE (126)	1985-90
Mercedes-Benz 300 SL (107)	1985-90
Mercedes 190E 1.8 (201)	1990-93
Volkswagen Golf GTi kat	1985-90
Volkswagen Jetta GTi kat	1985-90
Volkswagen Passat kat	1988-90
Volkswagen Sirocco kat	1985-90

Figura 3.3: Vehículos con sistema KE-Jectronic [29]

Las diferencias fundamentales entre los dos sistemas son:

- **Corrección de la cantidad de la mezcla**
 - ✓ K-Jectronic: mecánica a través de la válvula de control de presión.
 - ✓ KE-Jectronic: conmutador controlado por la ECU
- **Medición del flujo de aire**
 - ✓ K-Jectronic: mecánica a través del medidor de flujo de aire.

- ✓ KE-Jectronic: electromecánicamente a través del medidor de flujo de aire y potenciómetro.

- **Regulación Lambda**

- ✓ K-Jectronic: electrónicamente a través de una unidad electrónica separada.
- ✓ KE-Jectronic: integrada la caja de control KE.

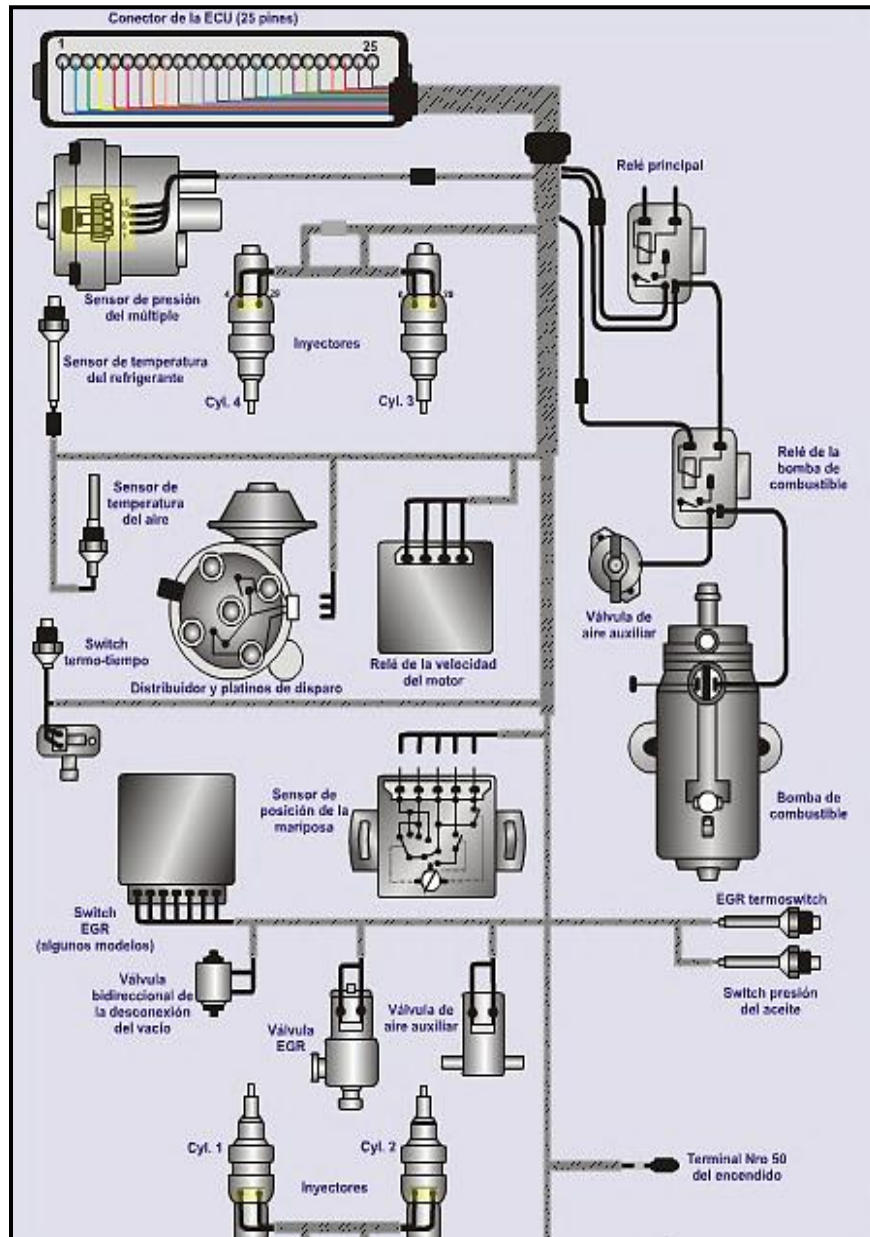


Figura 3.4: Sistema de inyección KE-Jectronic [30]

3.3 Sistema de inyección electrónica de combustible D-Jectronic

Este sistema es conocido como de control de presión en el múltiple. Este sistema prescinde del regulador de dosificación mecánico; actúa mediante el plato sonda, que detecta el caudal de aire por medio de un sensor de presión en el colector, los inyectores son electrónicos y son accionados directamente por la ECU.

La ECU se encarga de recibir las señales de los diferentes sensores y actúa sobre los inyectores mediante un solenoide en los mismos, los cuales se abren para dejar pasar el combustible pulverizado por la presión de suministro.

Este sistema se los usa en varios vehículos como Mercedes Benz, Porsche, Saab, Volvo y Volkswagen

Tabla 1: Vehículos con sistema D-Jectronic (FUENTE: Manual Técnico de Fuel Injection)

VEHÍCULO	AÑO
Volkswagen	
Tipo 3	1968
	1969-1970
	1971
	1972
Tipo 4	1971
	1972
	1973
	1974

Los componentes principales del sistema D-Jectronic son: sensor de presión, regulador de presión del combustible, filtro de combustible, sensor de temperatura del aire, sensor de temperatura del refrigerante, sensor de posición de la mariposa, válvula de arranque en frío, válvula de aire auxiliar, interruptor térmico de tiempo, inyectores y bomba de combustible.

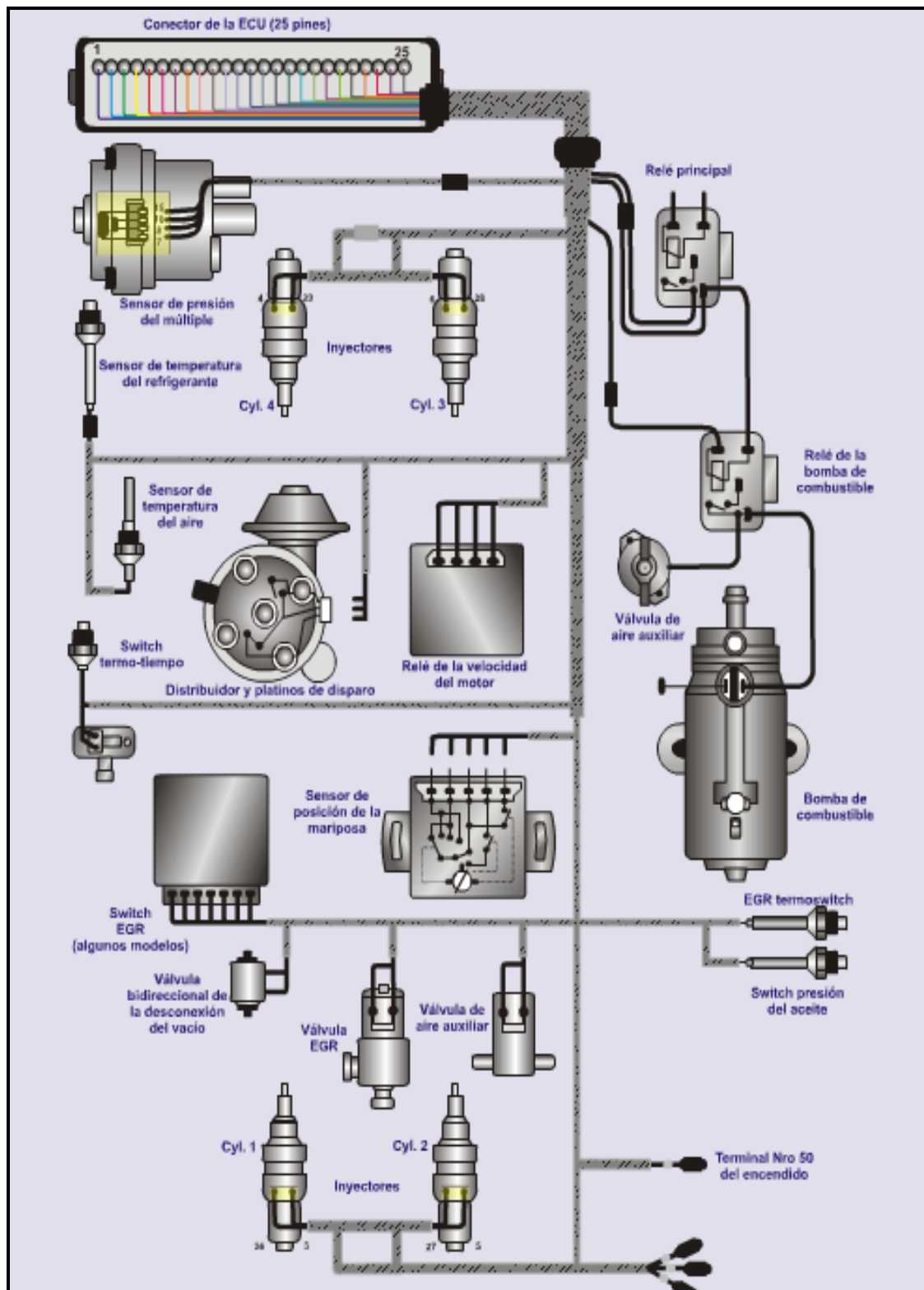


Figura 3.5: Sistema de inyección D-Jetronic [31]

3.4 Sistema de inyección electrónica de combustible L-Jectronic

El sistema de inyección electrónica L-Jectronic fue introducido en 1974. Es un descendiente del primer tipo de los sistemas de inyección electrónica de combustible desarrollados por Bosch, el cual aprovechó el progreso logrado por la tecnología de los semiconductores.

Como ejemplo del tipo de avance que han logrado, es que la unidad de control de L-Jectronic tiene solo ochenta componentes en comparación con los más de treientos del D-Jectronic, esta reducción fue posible eliminando tres grupos extensos de componentes y colocando circuitos integrados sencillos. Además de los tres circuitos integrados, el L-Jectronic contiene solo unos cuantos elementos semiconductores más una cantidad de condensadores y resistores igualadores. Esta tecnología ofrece una gran precisión y alto grado de confiabilidad. También ofrece amplia flexibilidad en términos de cantidades de entrada y salida.

Puede introducirse las señales de entrada que imparten información en relación a la temperatura del aire que entra y puede incluirse la compensación de temperatura, por medio de una simple red de resistencias.

El sistema es capaz de admitir señales adicionales de salida, concernientes al control de una válvula de recirculación de gases de escape, por ejemplo; y el control de la sonda Lambda, puede integrarse sin mayor complicación.

Los métodos de dosificación e inyección de combustible en los sistemas L-Jectronic corresponden a los desarrollados para el primer D-Jectronic. El regulador de presión, el sensor de temperatura del refrigerante y el interruptor de la mariposa son semejantes.

Al igual que con el D-Jectronic, el L-Jectronic proporciona una inyección intermitente en los puertos de admisión a baja presión. Sin embargo a diferencia del D-Jectronic, el sistema L-Jectronic se apoya en el dosificador del flujo masivo de aire como la variable principal de entrada, para determinar la cantidad de combustible que se va a inyectar.

En el sistema D-Jectronic, la dosificación de aires se realiza por medio de un sensor de presión del múltiple, basándose en el principio que mientras prevalezca la presión atmosférica ambiente en el frente de la válvula de mariposa, se crea un vacío detrás de ella. Este vacío del múltiple varía de acuerdo con la posición de la mariposa y puede usarse como parámetro para determinar la carga en el motor, así como el volumen de aire de combustión que se está admitiendo en los cilindros.

Bosch determino después que la presión del múltiple es solo una medida aproximada de la cantidad de aire que está consumiendo el motor.

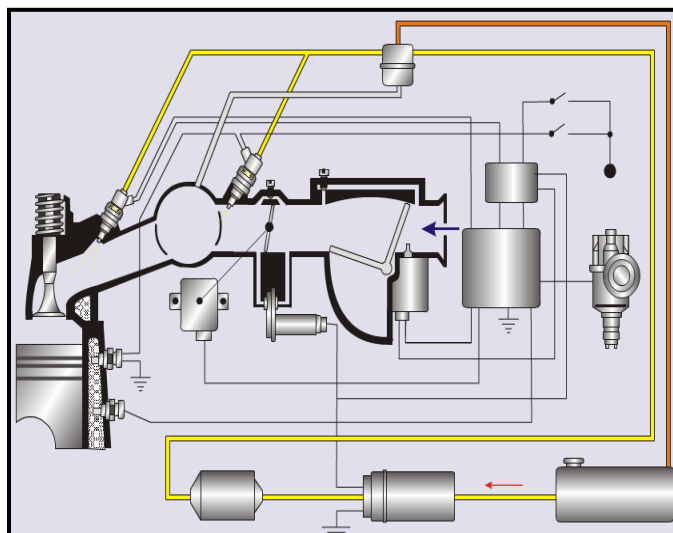


Figura 3.6: Sistema de inyección L-Jectronic [32]

La inyección electrónica de combustible Bosch L-Jectronic se usa en los siguientes vehículos:

Tabla 2: Vehículos con sistema L-Jectronic (FUENTE: Manual Técnico de Fuel Injection)

VEHÍCULO	AÑO
BMW	
318i	1979-1981
528i	1979-1981
633csi	1979-1981
todos los modelos	1982-1983
Datsun/Nissan	1979-1981
Turbo	1982-1983
no turbo	1982-1983
Fiat	1980-1982
Renault	1981-1982
Subaru	1983
Volkswagen	1980-1983

3.5 Sistema de inyección electrónica Bosch LE-Jectronic, EZK, TSZ

En 1981 surgió una nueva generación de L-Jectronic, el sistema básico que se conoce como LE-Jectronic. Era inevitable que el L-Jectronic cambiase con el tiempo. Para la versión LE, se agregó nuevas funciones, hasta se redujo el tamaño de la unidad de control. El costo de todo el sistema disminuyó de manera considerable, principalmente al simplificar la conmutación dentro de la unidad análoga de control y usar boquillas para los inyectores de alta resistencia.

El sistema de inyección electrónica LE-Jectronic es un sistema multipunto, el cual utiliza un inyector para cada cilindro. La serie L ha recogido toda la evolución en cuanto a los sistemas de inyección se refiere, alcanzando una multitud de series y versiones. En el sistema LE se suspende el inyector de arranque en frío, así como el termocontacto, encargado a la ECU del aumento del tiempo de apertura de los inyectores en función de la temperatura del motor.

El sistema de inyección analógico se comunica con aparatos como el scanner, por ello poseen un conector de diagnóstico ALDL (conexión entre la ECU y el scanner). Los componentes electrónicos pueden ser revisados con multímetros, analizador de polaridad u osciloscopios, lo cual dificulta el diagnóstico de fallas, sobre todo cuando son fallas intermitentes.

Los vehículos equipados con este sistema todavía poseen distribuidor, algunos de ellos disponen la utilización de dos sistemas de avance de vacío o avance centrífugo, por estar equipados con más de una unidad de control, responsable por el avance de ignición, denominada EZK.

Las aplicaciones principales de este sistema se encontraban en los siguientes vehículos:

APLICACIONES	
GM	{ Monza 500 EF (1989-1990) Monza 2.0 MPFI (1992-1994) Monza classic 2.0 (1991) Kadett 2.0 GSI (1992-1995)
FORD	{ Escort XR3 2.0i (1993-1994) Royale 2.0 (1992-1993) Verona 2.0 (1993-1994) Versailles 2.0i (1992-1993)
VW	{ Gol GTI 2.0 (1989-1994) Santana 2.0 (1992-1993) Quantum 2.0 (1992-1993) Pointer 2.0 (1994)
FIAT	{ Uno 1.6 mpi (1994-1995)

Figura 3.7: Aplicaciones del sistema EZK [33]

La unidad EZK controla la lámpara de mantenimiento urgente y envía una señal de avance de ignición a la ECU LE-Jetronic. El control del primario de la bobina está hecho por un módulo electrónico interno de la ECU LE-Jetronic, denominado TSZ, en algunos modelos como el Gol GTI es externo a la ECU.

Cuando el sistema posee una unidad de control TSZ, se puede acceder a los códigos de falla a través de la lámpara de mantenimiento urgente SES.

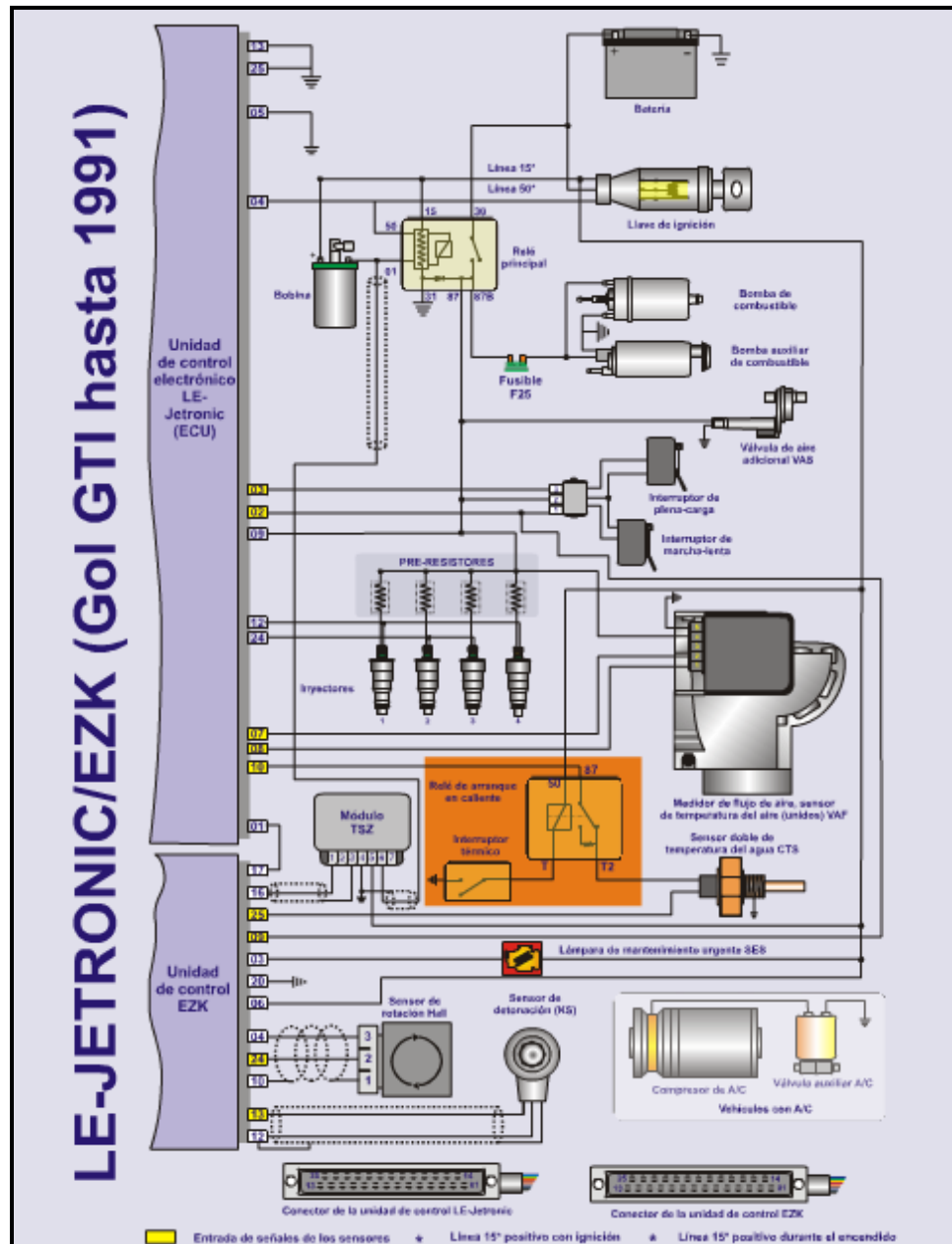


Figura 3.8: Sistema LE-Jetronic/EZK [34]

CAPÍTULO IV

4. SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MOTRONIC Mp 9.0 MAGNETI MARELLI

4.1 Evolución del sistema Motronic

El sistema integrado de inyección/ignición electrónica Motronic Mp 9.0 fue desarrollado por Bosch y Magneti Marelli es el fabricante de la ECU.

En la tabla siguiente se muestran una serie de datos de la evolución que ha sufrido el sistema MOTRONIC desde su implantación en los motores de explosión.

- Todos los modelos son del tipo de electrónica digital.
- Todos los modelos son de inyección intermitente.
- A partir del modelo ML 3 de 1.983 todos llevan regulación de ralentí.
- Todos los modelos llevan regulación lambda.
- Todos los modelos llevan avance al encendido electrónico.

Tabla 3: Modelos con sistema de inyección Magneti Marelli

Modelo	Conector Nº pins	Magnitud de mando	Presión de gasolina	Serie	Conducción adaptadora	Designación de la unidad Observaciones
L.1	35	Caudal de aire	2,5/3,0 Bar	1.981	0684101801 + 1684101124 1684463128	Versión para EE.UU con regulación λ e inyector de arranque en frío. Caja de chapa.
ML.2	35	Caudal de aire	2,5/3,0 Bar	1982	0684101801 + 1684463124	Nueva unidad de mando con disipador de aluminio. Consumo optimizado. Sin inyector de arranque en frío.

ML.3	35	Caudal de aire	2,5/3,0 Bar	1983	0684101801 + 1684101124 1684463128	Nueva unidad de mando con disipador de aluminio. Consumo optimizado. Solo se monta en BMW
ML.4.1	35	Caudal de aire	2,5/3,0 Bar	1987	Autodiagnosis por código de intermitencia y KTS-300	Unidad de mando 0.261.200. Un solo sensor de régimen y referencia
ML.5	25	Caudal de aire	2,5/3,0 Bar	1986	Autodiagnósis por código de intermitencia y KTS-300	Unidad de mando: 0.261.200 Unidad de mando Digifant I. Marca Hella específica de Volkswagen
ML.6	25	Caudal de aire	2,5/3,0 Bar	1988	Autodiagnosis por código de intermitencia y KTS-300	Unidad de mando 0.261.200 Unidad de mando Digifant II. Marca Hella específica de "
M 1.2	55	Masa de aire	2,5/3,0 Bar	1988	Autodiagnosis por código de intermitencia y KTS-300	Unidad de mando: 0.261.200 Montado por BMW 12 cilindros

El sistema Motronic incorpora un regulador de tiempo de encendido computarizado con la inyección de combustible para tener un paquete completo de control del motor.

A principios de los ochentas, las leyes para el control de las emisiones automotrices en todo el mundo se tornaron más severas. En los Estados Unidos se comenzó a reglamentar tales emisiones a raíz del uso de sistemas complicados y altamente integrados basados en computadoras para el control y administración del motor

Estos sistemas no solo fueron más complejos que en el pasado, ahora los fabricantes de automóviles seleccionan entre un sistema de inyección Bosch, uno de control de tiempo de encendido del motor.

El sistema Motronic fue introducido en 1981 en los modelos BMW de las series 500, 600 y 700, así como en los modelos Saab y Volvo.

El sistema combina la inyección de combustible tal como el L o el LH con funciones de control de tiempo de encendido.

La teoría del control de tiempo de encendido computarizado es que a medida que se incrementa la velocidad del motor, es necesaria una combustión más rápida; así, el cigüeñal cubre más grados de rotación en un periodo dado de tiempo.

Supongamos entonces que a 1000 rpm el cigüeñal gira 10 grados en tres milisegundos, vamos también a decir que el tiempo requerido para la combustión completa es también de tres milisegundos. Puesto que la energía utilizable de la combustión empieza a disipar aproximadamente a diez grados del punto muerto superior, la combustión deberá terminarse en este tiempo. Por lo tanto a 1000 rpm el encendido deberá ocurrir en un punto de tal manera que la combustión se termine a los 10 grados después del punto muerto superior.

A medida que se incrementa la velocidad del motor, el cigüeñal abarca más grados de rotación. Mientras la velocidad aumenta, el tiempo requerido para terminar la combustión permanece igual. A 2000 rpm el cigüeñal gira 20 grados, por lo tanto el encendido debe ocurrir a 10 grados antes del punto muerto superior. A 3000 rpm el encendido debe ocurrir a 20 grados antes del punto muerto superior. El trabajo para controlar en tiempo de encendido sería simple si la velocidad del motor fuera la única consideración. A medida que se incrementa la carga en el motor, se debe incrementar también su velocidad, motivo por el cual al incrementar la carga en el motor el tiempo de encendido se debe retardar para disminuir la posibilidad de detonación.

Puesto que un motor frío es menos probable que detone que un motor caliente, la computadora permitirá un avance adicional cuando el motor está frío.

Es así que el sistema Motronic ha venido evolucionando a través de los tiempos para perfeccionar el suministro de combustible inyectado y el tiempo adecuado de encendido, son el objetivo de optimizar el consumo de combustible y muy en especial tratar de quemar en su mayor parte la mezcla aire-combustible para reducir en gran número las emisiones contaminantes automotrices.

4.2 Descripción del sistema

Son sistemas de inyección multipunto que utilizan un inyector por cada cilindro, los inyectores se encuentran instalados en el colector de admisión y la inyección es del tipo secuencial.

En el encendido los inyectores son abiertos a cada 180° (inyección continua), después del encendido son abiertos a cada 360° (inyección semisecuencial) y después de 10 segundos de funcionamiento del motor el control pasa a ser secuencial (en el orden de admisión de los cilindros)

La masa de aire admitida por el motor es calculada por el método de velocidad/densidad/lambda (Speed/Density/Lambda), por eso, sus principales sensores son el sensor de presión absoluta MAP, sensor de temperatura del aire ACT y el sensor de temperatura del refrigerante CTS.

Trabaja en lazo cerrado utilizando el sensor de oxígeno, que monitorea la eficiencia del proceso de combustión.

El sistema de ignición utiliza un distribuidor, el cual requiere constantemente información del ángulo de avance inicial (punto de ignición)

Son sistemas de inyección/ignición digitales con capacidad de detectar innumerables fallas que son almacenadas en la memoria de la ECU en forma de códigos numéricos. Los códigos de falla pueden ser accedidos por medio de un scanner.

El sistema MOTRONIC de BOSCH es un sistema global de control de motor que está formado por dos subsistemas que controla electrónicamente:

1. El subsistema de inyección de combustible.

Este subsistema está basado en el sistema de inyección L-Jetronic aunque hasta la actualidad ha ido adaptándose a las nuevas necesidades, incorporando nuevos elementos y un número cada vez más elevado de funciones. Es de inyección indirecta, de control electrónico, multipunto e intermitente, y dentro de este tipo: secuencial, semisecuencial o simultánea en función del tipo de motor y de la marca que lo monte.

2. El subsistema de encendido.

El encendido es de tipo electrónico integral, elimina los sistemas de avance mecánicos y determina el ángulo de encendido por valores calculados por la UCE, basándose en campos característicos memorizados. Este ángulo de encendido puede ser corregido en función de otras informaciones, además de la carga y el régimen, como son: posición de la mariposa, temperatura del motor y del aire aspirado, etc. Según la evolución del sistema de encendido encontramos:

- Sistema de encendido dinámico con distribuidor de chispa.

- Sistema de encendido estático con doble bobina.
- Sistema de encendido estático con bobina independiente para cada cilindro.

Al ser MOTRONIC un sistema global, puede optimizar de forma conjunta la dosificación de la mezcla y el momento del encendido, controlando todos los aspectos que influyen en el desarrollo de la combustión del motor, consiguiendo que ésta se desarrolle de forma adecuada, obteniendo el máximo rendimiento de la misma, y por tanto, del motor.

Esto permite obtener un funcionamiento óptimo del motor en todos los estados de servicio en que se encuentre obteniendo el mínimo consumo, la máxima potencia y par y la reducción de sustancias contaminantes en los gases de escape.

Todo el sistema es controlado por una única UCE (Unidad de Control Electrónico), que incorpora un microordenador digital con capacidad suficiente para recibir y analizar una gran cantidad de informaciones referentes a los parámetros de funcionamiento del motor y realizar una gran cantidad de funciones con el accionamiento de aquellos dispositivos o elementos accionadores que incorpora, todo ello en tiempos muy pequeños.

4.3 Funcionamiento del sistema

El sistema tiene encomendadas distintas funciones como son:

1. Funciones básicas. Son aquellas que el sistema debe realizar fundamentalmente ya que son el objeto del mismo, como son:

- El control del subsistema de inyección de combustible.
- El control del subsistema de encendido

2. Funciones adicionales necesarias. El sistema además debe realizar una serie de funciones de control y regulación que se han hecho necesarias debido a la legislación en cuanto a sustancias contaminantes en los gases de escape y la reducción del consumo de combustible. Estas funciones complementan las funciones básicas y permiten una supervisión de todas las influencias que intervienen en la composición de los gases de escape. Algunas de estas funciones son:

- La regulación del régimen de ralentí.

- La regulación lambda.
- El control del sistema de retención de los vapores de combustible en el depósito.
- La regulación de la detonación.

3. Funciones exigidas por los fabricantes. Los fabricantes de vehículos pueden exigir que el sistema, además de las funciones anteriores, realice otras específicas de sus motores o vehículos. Estas funciones pueden ser:

- El control del turbocompresor.
- El control del sistema de colectores de admisión variable.
- El control del sistema de distribución variable.
- La limitación del número de revoluciones máximo del motor para su protección.
- La regulación de la detonación.
- El mantenimiento de la velocidad constante del vehículo.
- Otras que cada día se van incorporando al sistema de control del motor, en función de las marcas como: el Valvetronic, relación de compresión variable del motor, etc.

4. Funciones de apoyo. La UCE del sistema de control del motor puede además, realizar funciones de apoyo a otras UCES de otros sistemas que incorpore el vehículo, como pueden ser:

- Apoyo a la UCE que controla el cambio automático para reducir el par motor en el momento de realizar un cambio, como medida de protección del mismo.
- Apoyo a la UCE del ABS con ASR y ESP, para mejorar la seguridad de marcha y la capacidad antideslizante del vehículo.
- Apoyo a la UCE que controla el sistema de aire acondicionado o climatización por su relación con el sistema de refrigeración del motor.
- Otros apoyos a otras unidades a través de la red multiplexada que necesiten compartir informaciones de este sistema.

4.4 Elementos que conforman el sistema

Los elementos que conforman el sistema de inyección Motronic MP 9.0 son varios, los mismos que se detallan a continuación junto con su localización en el compartimiento del motor.

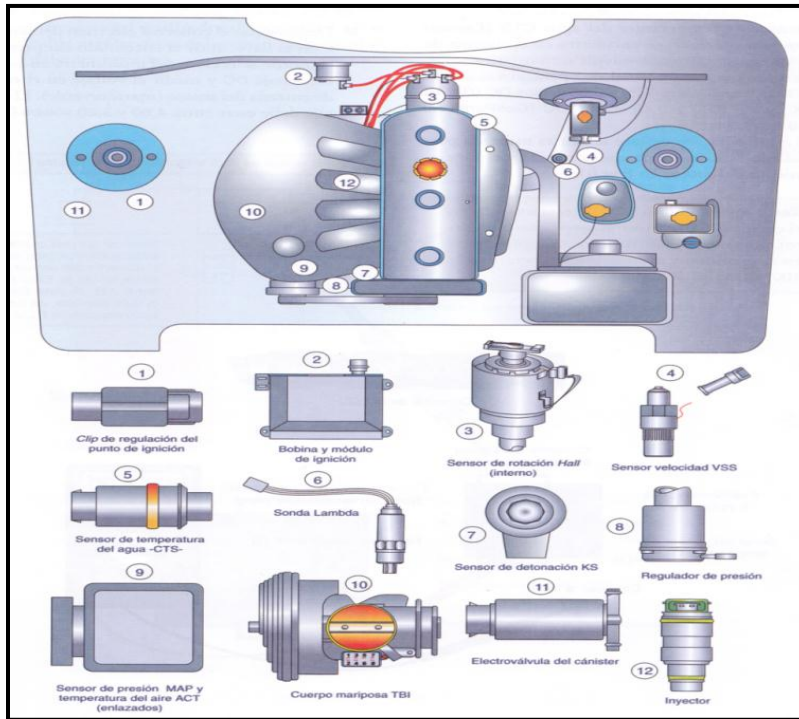


Figura 4.1: Elementos que conforman el sistema Motronic Mp 9.0 [35]

A continuación se detalla los sensores primordiales que forman parte esencial de este sistema de inyección como son:

- **Sensor de temperatura del refrigerante (CTS)**

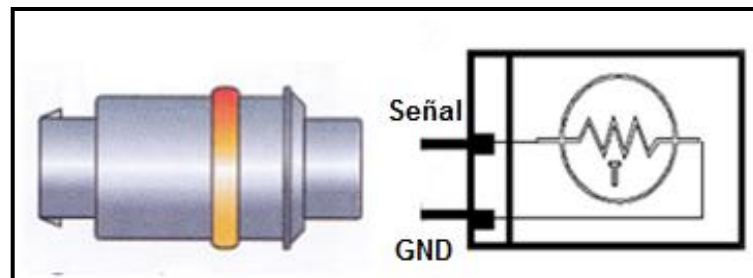


Figura 4.2: Sensor CTS [36]

El sensor de temperatura del refrigerante CTS (Coolant Temperatura Sensor) se encuentra en el sistema de enfriamiento junto a la válvula termostática.

En temperatura normal de operación el sensor envía una señal entre 1,20 y 0,85 voltios DC.

La información de este sensor se utiliza para el cálculo de la masa de aire admitida y el funcionamiento del motor en fase fría.

Cuando la ECU detecta una falla en el circuito CTS (cortocircuito o circuito abierto), graba un código de falla correspondiente en la memoria y asume una temperatura de 100°C como patrón.

- **Sensor de Oxígeno (O2)**

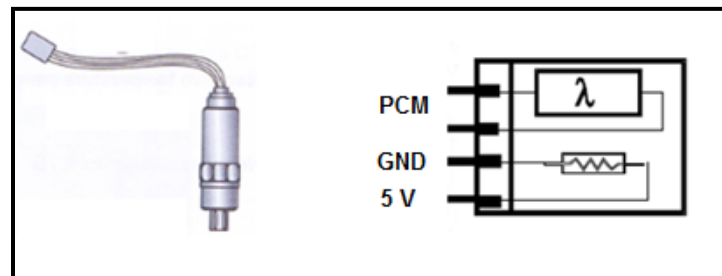


Figura 4.3: Sensor de Oxígeno [37]

El sensor de oxígeno o HEGO (Heated Gas Oxygen Sensor) se encuentra en el escape del vehículo, antes del catalizador y después de este en un sistema de catalizador monitoreado.

Informa a la ECU de las variaciones en la concentración de oxígeno en los gases de escape, también permite a la Ecu realizar correcciones de las proporciones de la mezcla aire-combustible manteniendo la estequiometría.

Este sensor empieza a trabajar luego de haber alcanzado una temperatura de alrededor de 360°C, es decir luego de dos minutos de haber encendido el motor, por esta razón es que este sensor viene incorporado con un calentador para llegar a su temperatura de trabajo mucho más rápido y empezar a regular la mezcla estequiométrica y regular las emisiones.

Este sensor entra en ciclo cerrado con la ECU en el momento de su desempeño, por lo cual es de gran importancia su eficiencia, a medida que este sensor detecta una mezcla pobre en los gases de escape en base a la cantidad de oxígeno existente en los mismos, inmediatamente al Ecu corrige la mezcla enriqueciéndola.

De igual manera si este sensor detecta una mezcla rica en los gases de escape en función de la cantidad de oxígeno que se hallan en los mismos, la ECU recibe esta información y empobrece la

mezcla inmediatamente, la ECU desarrollara estas acciones únicamente cuando entre en lazo cerrado con el sensor de oxígeno.

- **Sensor de la Posición de la Mariposa (TPS)**

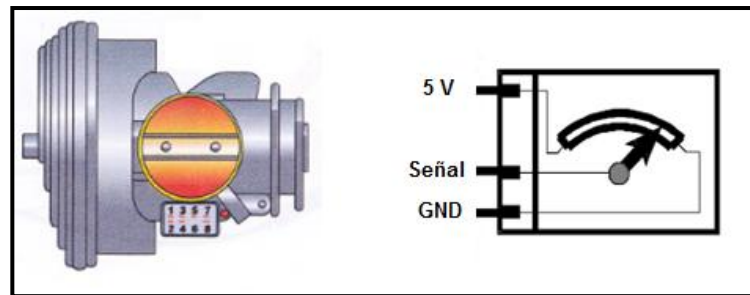


Figura 4.4: Sensor TPS [38]

El sensor de la posición de la mariposa TPS (Throttle Position Sensor) se encuentra ubicado en la garganta de estrangulación solidario al eje del papalote o mariposa.

Informa a la ECU de las variaciones angulares de la mariposa del acelerador como son: aceleración rápida, cargas parciales y carga plena. Cuando la ECU detecta una falla de este sensor graba un código correspondiente en la memoria de la computadora y sustituye la señal de la posición de la mariposa por un valor estimado basado en la rotación del motor, lo cual puede provocar un aumento de la rotación en la marcha mínima del motor.

- **Sensor de Presión MAP y Temperatura del Aire IAT**

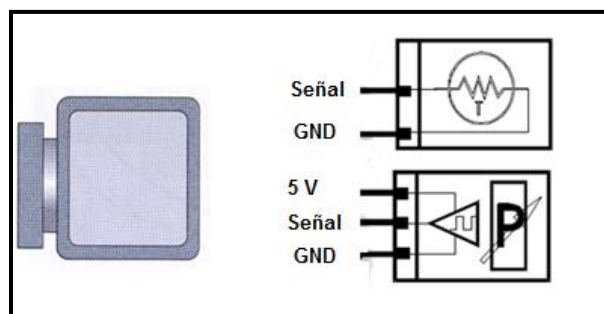


Figura 4.5: Sensor T-Map [39]

El sensor de presión en el múltiple de admisión mide explícitamente el vacío que se genera en el múltiple en el momento del trabajo del motor, la ECU recibe esta información para controlar la cantidad de inyección en función de la carga del motor.

De igual manera utiliza el sensor de temperatura de aire de admisión IAT, en este sistema estos dos sensores se encuentran entrelazados y en un mismo cuerpo, su ubicación lógicamente es en el múltiple de admisión.

La ECU regula la cantidad de combustible a pulverizar por los inyectores en base a la cantidad de aire que ingresa al motor y para esto mide la densidad del mismo por medio de su temperatura y de la cantidad de vacío existente en el motor.

- **Sensor de Detonación KS.**

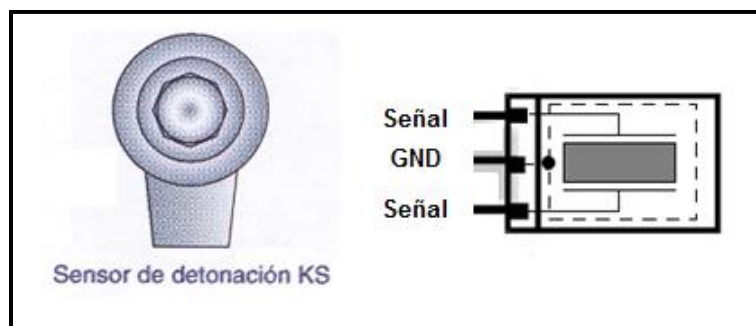


Figura 4.6: Sensor KS [40]

El sensor de detonación (Knock Sensor) se encuentra atornillado en el bloque del motor debajo del colector de admisión. Es un cristal piezoeléctrico que genera una señal cuando detecta una detonación.

Sirve para informar a la ECU la existencia o no de la detonación en alguno de los cilindros.

Cuando la ECU detecta la señal de detonación del sensor, atrasa el punto de ignición de $3,2^\circ$ en $3,2^\circ$ hasta un máximo de 12° con el objetivo de solucionar el problema, una vez desaparecida la detonación la ECU vuelve al ángulo de avance inicial en pequeños pasos de $0,4^\circ$.

- **Sensor de Rotación Hall**

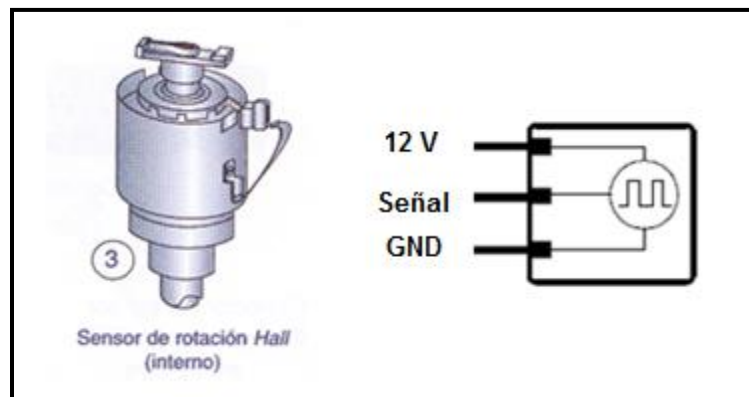


Figura 4.7: Sensor de rotación Hall [41]

Este sensor se encuentra ubicado en el interior del distribuidor, es de efecto HALL por lo cual consta de tres cables, mide la velocidad de rotación del motor y también la posición del pistón número uno al momento que alcanza el punto muerto superior.

Este sensor es indispensable en el sistema de inyección electrónico, tanto para la inyección como para la ignición ya que la ECU recibe la información de la rotación del motor así como el momento en el que el primer pistón pasa por el punto muerto superior y utiliza esta información para el encendido y para el punto de inyección.

CAPÍTULO V

5. CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA MOTRONIC Mp 9.0

5.1. Montaje del sistema de inyección electrónica en el tablero didáctico.

Para la construcción del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica Motronic Mp 9.0 es necesario los siguientes elementos:

1. Sistema de inyección electrónica Motronic Mp 9.0
2. Media plancha de MDF
3. Estructura metálica
4. Macrofotografía
5. Motor de dos velocidades de corriente directa de 12V
6. Fusibles y relés
7. Interruptores
8. Bomba de combustible
9. Conductores eléctricos
10. Depósito de combustible
11. Circuito electrónico generador de fallas
12. Pernos, tuercas, tornillos, abrazaderas, arandelas, correas plásticas.

Pegar la gigantografía con el diseño previamente escogido, en la media plancha de MDF.



Figura 42: Pegado de la macrofotografía

En base a las dimensiones de la media plancha de MDF, se ha construido una estructura que soporte el peso de la misma, así como de los elementos que van a estar colocados, y que sea de un fácil desplazamiento.

Montarla en la estructura y sujetarla con pernos y tuercas para una mayor fijeza.



Figura 43: Montaje del MDF en la estructura

Pintar el múltiple de admisión, el distribuidor, la base de la bobina y el motor.



Figura 44: (a) Pintura de los componentes



Figura 5.3: (b) Pintura de los componentes

Una vez teniendo clara la distribución de los elementos que conforman el sistema de inyección, como los elementos extras, procedemos a realizar los diferentes agujeros en donde van a ir sujetos todos los componentes del tablero didáctico.

Montar el múltiple de admisión, el de riel de inyectores y las probetas, la bomba de combustible con las mangueras de suministro y retorno, el distribuidor con el motor el cual previamente se realizó una base para la sujeción al tablero, la tapa del distribuidor con los cables y bujías, las cuales descargan su chispa en una platina de cobre.



Figura 45: (a) Montaje de los componentes en el tablero didáctico



Figura5.4: (b) Montaje de los componentes en el tablero didáctico

Una vez montados los elementos principales, colocamos la PCM con su cableado, conectando a los diferentes sensores y actuadores.



Figura 46: Montaje de la ECU

Sujetar la placa a la tabla MDF a través de tornillos, teniendo cuidado de no afectar los componentes del circuito.

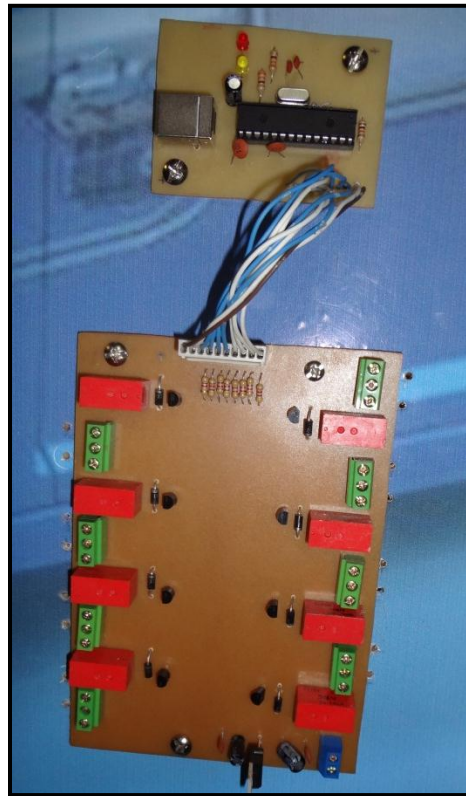


Figura 476: Montaje de la placa

CAPÍTULO VI

6. SOFTWARE GENERADOR DE FALLAS

6.1. Diseño del sistema generador de fallas mediante un ordenador

La motivación principal de este proyecto es llegar a poder diseñar un software generador de fallas con el cual podemos reconocer las posibles averías que se pueden generar en un sistema de inyección electrónica motronic Mp 9.0.

El programa englobará dos partes principales el hardware necesario, el cual es una interface que hace de intérprete de la ECU del automóvil, y el puerto USB de un ordenador personal, así como también de un software, que se refiere a la aplicación que funcionará en el PC y que gestionará a partir del interface los datos que se vayan enviando a través del puerto USB.

Para diseñar el interface, se usa como elemento principal un microcontrolador PIC18F2550 que es el encargado de gestionar la comunicación entre los dos periféricos, es decir, recoge la información que el usuario ingrese en la PC y la envía a través del puerto USB interpretando la misma, para la generación de fallas en el sistema.

Para realizar la aplicación que gestiona el interface, todos los datos que serán enviados de manera unidireccional a través de él, la cual la realizamos a través de un lenguaje de programación de Visual Basic 6.0, conociendo que el PIC18F2550 funcionará correctamente con el programa planteado, pudiendo ser funcional mantener la comunicación entre el microcontrolador y la ECU.

La base principal es realizar una comunicación entre la PC y la ECU del vehículo, a través del puerto USB, como el PIC18F2550 lo fabrica la compañía Microchip, esta proporciona una ayuda necesaria a través del EasyHID.

Por lo tanto después de montar la interface y verificar su funcionamiento mediante el software ya existente, se procedió a intentar una comunicación utilizando recursos propios. Utilizando el código fuente, el cual se basa en Visual Basic 6.0, se diseñó un programa de prueba que conseguía comunicarse de forma básica con el microcontrolador, encendiendo leds mediante el cliqueo en la PC.

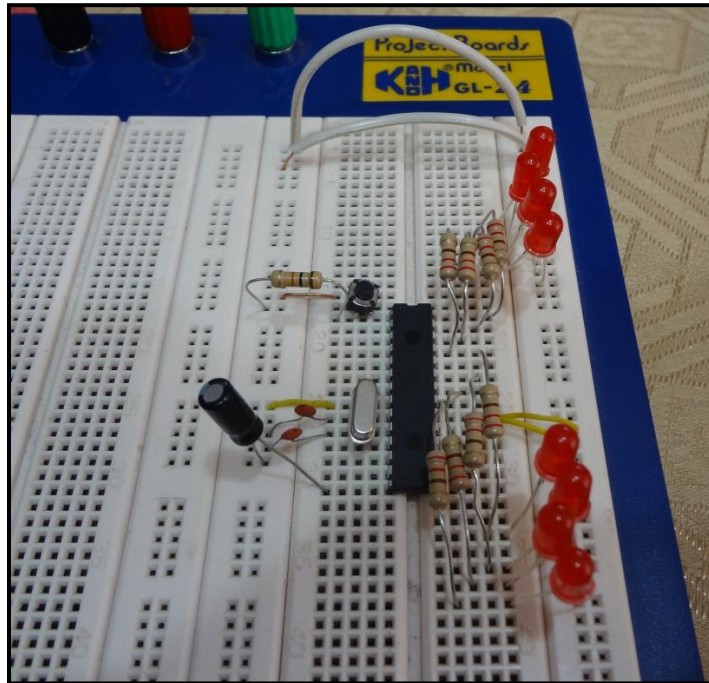
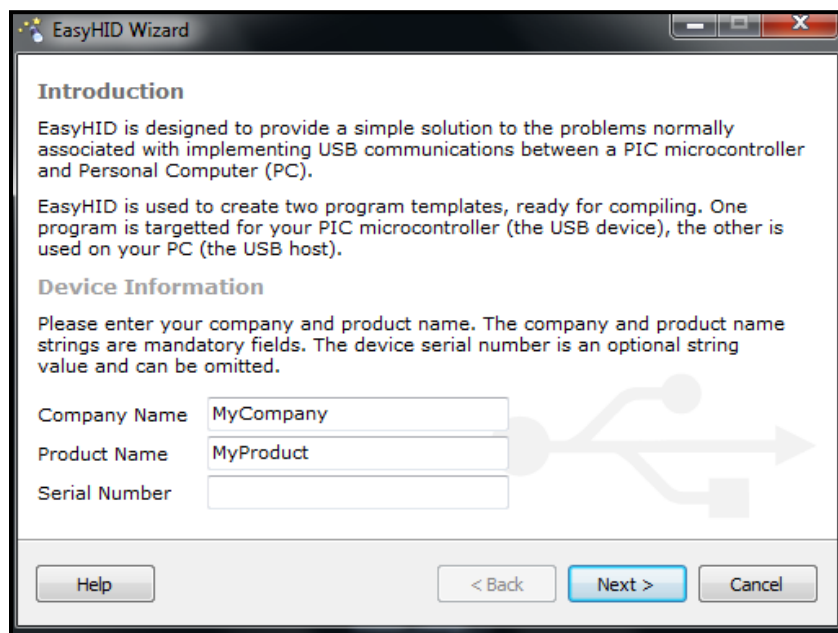


Figura 48: Circuito de prueba

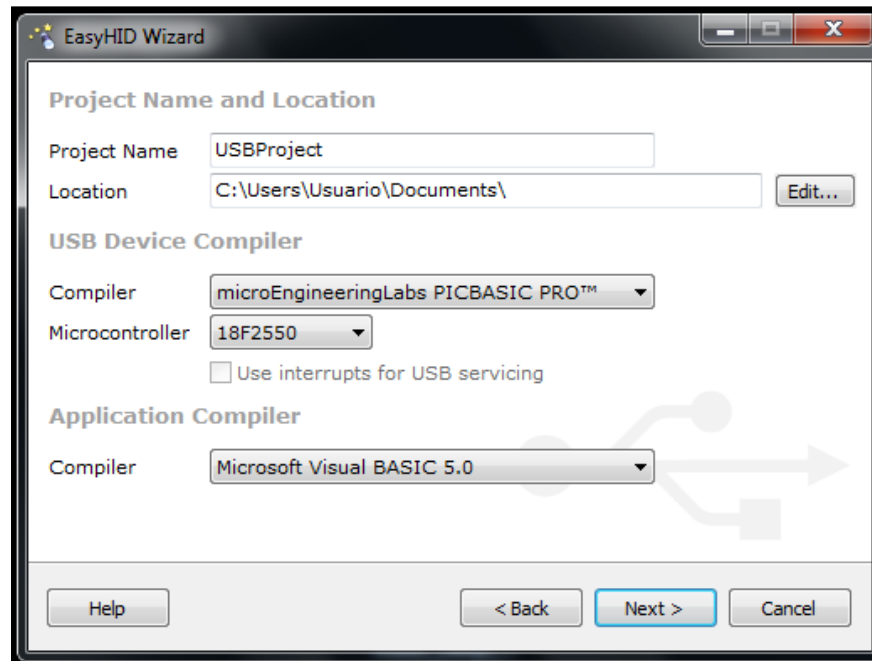
Para la programación del PIC, se usó una ayuda que proporciona Microchip llamada EasyHID, para poder combinar Visual Basic 6.0 y MicroCode Studio, de la siguiente manera:



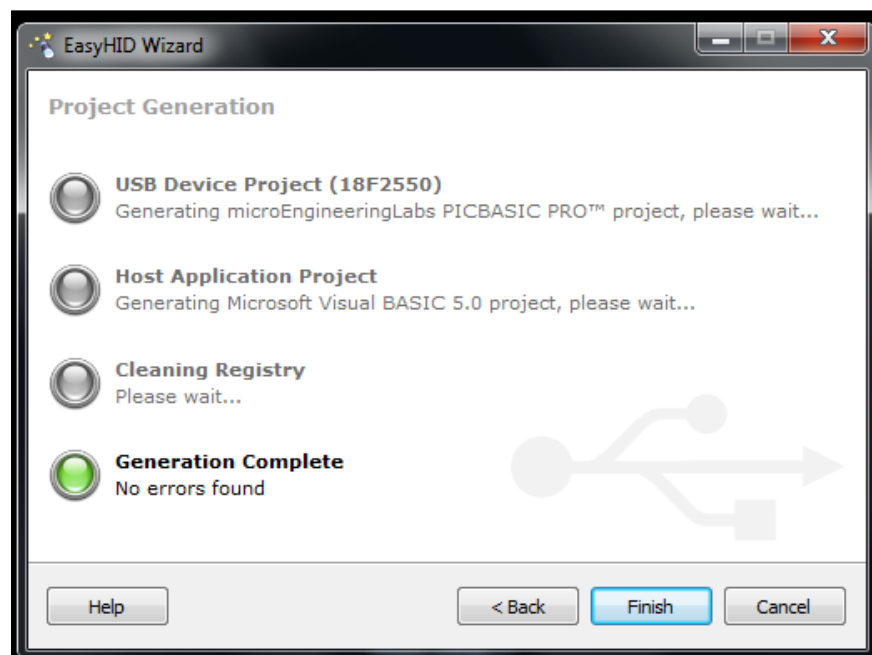
Al instalar MicroCode Studio, automáticamente se instalará EasyHID, mostrándose como se lo indica en la imagen anterior, al clicar en este, nos mostrará la siguiente pantalla:



Se debe clicar Next, sin cambiar ningún contenido hasta que se presente la ventana siguiente, donde se escogerá el microcontrolador y el compilador a usarse, además la dirección donde esta se va a ubicar:



Se usa la versión Visual Basic 5.0 que es en la cual va a funcionar el programa, proporcionándonos así ya la base para comenzar la programación tanto en Visual Basic 6.0 como en MicroCode Studio. Terminándose con la siguiente pantalla indicándonos que se ha completado la ayuda.



6.1.1 Programación de microcontroladores

Para empezar nos basamos en el datasheet del microcontrolador PIC18F2550, el cual nos ayudó para posteriormente realizar la programación y conexión correcta, usando el programa Microcode Studio.

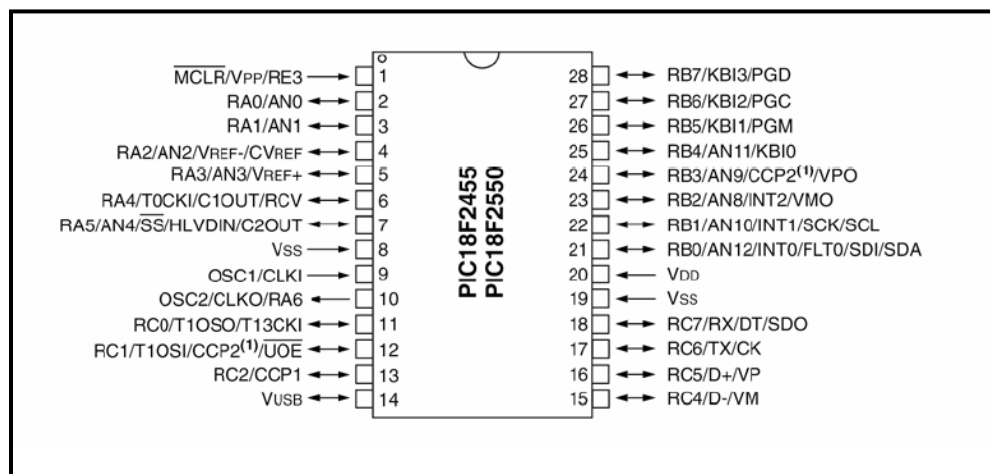


Figura 6.2: Datasheet PIC18F2550 [49]

La ayuda de EasyHID nos proporciona la programación básica, pero se ha modificado aumentando líneas de programación necesarias para el buen funcionamiento del generador de fallas.

La programación realizada en MicroCode se encuentra en el ANEXO 1. La programación es básicamente mediante el uso del PIC18F2550, poder cortar señales a través del cliqueo en la PC, las órdenes son unidireccionales, se las señala en la PC y través del cable USB se envía en códigos de bytes al PIC la señal requerida.

6.1.2 Programación en visual basic 6.0

De igual manera como en MicroCode, con la ayuda de EasyHID nos provee la programación básica, proporcionada en la pantalla principal denominada Form1, se han aumentado líneas de programación, que ayudarán al correcto funcionamiento del mismo, las cuales están detalladas en el ANEXO 2. El programa creado en Visual Basic 6.0 fue realizado como una ayuda sencilla y elemental para el usuario, contiene un total de 22 Forms, se usó una programación básica.

6.2. Diseño del circuito generador de fallas

Para construir el circuito comandado por el microcontrolador PIC18F2550 hemos utilizado los siguientes elementos:

- 1 Microcontrolador PIC18F2550
- 1 Conector USB Tipo B
- 1 Oscilador de Cristal de 12000 MHz
- 2 capacitores cerámicos de 22pF
- 1 capacitor electrolítico de 47 μ f
- 1 resistencia de 10K Ω
- Conector de 10 terminales

Una vez ya realizada la programación que se cargara al microcontrolador, distribuimos los elementos con la ayuda del programa Ares, llegando a obtener la plantilla para imprimir la placa.

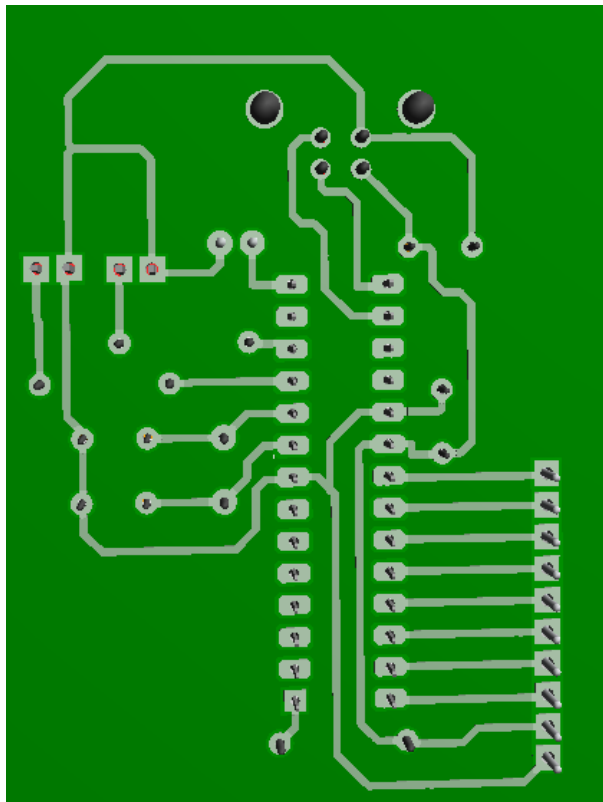


Figura 50: Plantilla de la placa comandada por el microcontrolador

Después de haber sido montado los elementos en la plaqueta ya quemada con las líneas previamente diseñadas, llegamos a obtener el circuito terminado como observamos a continuación:

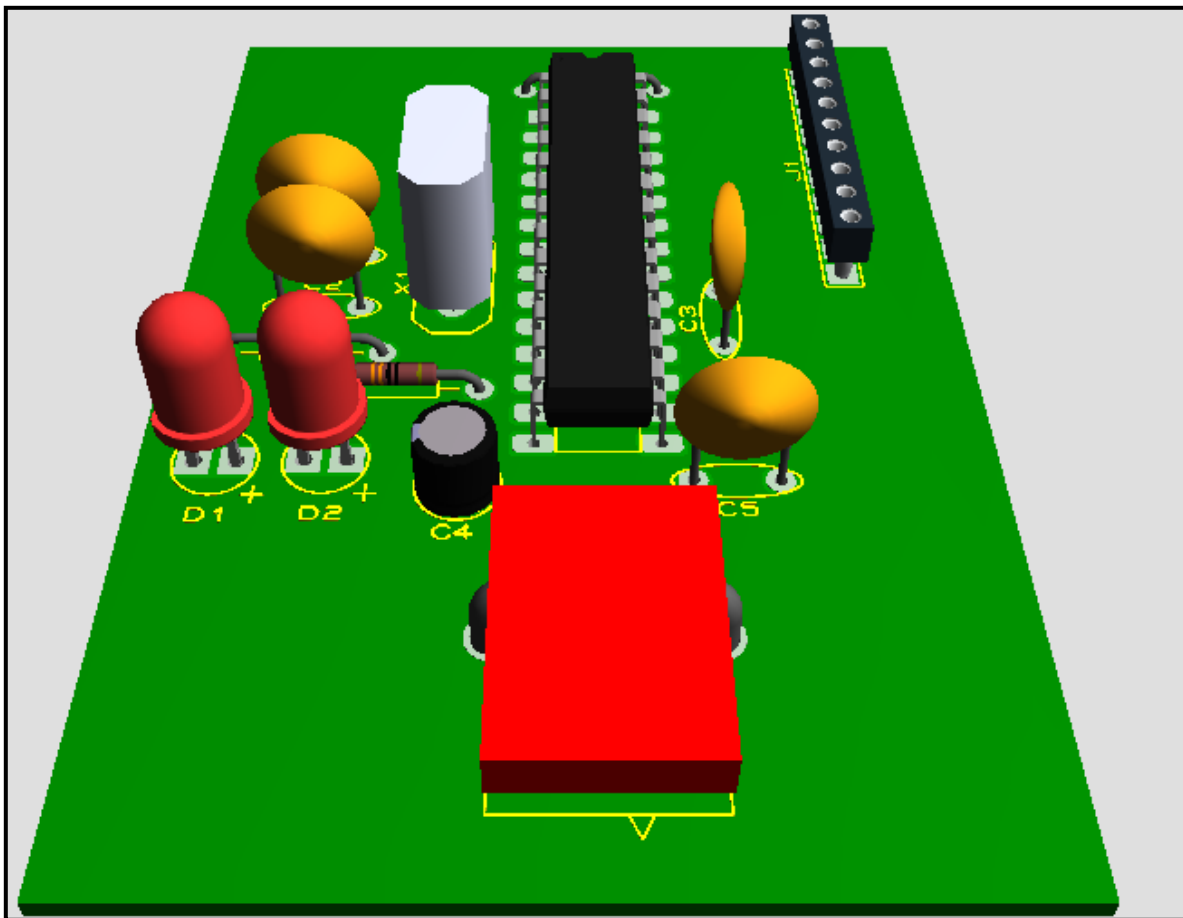


Figura 51: Circuito controlado por el microcontrolador

Llegando a obtener la interfaz que comunicara mediante el puerto USB, el circuito generador de fallas con el software.

Se ha realizado una segunda plaqueta en la cual se ubicaran los elementos que actuaran conmutando las señales de entrada y salida de la ECU.

Los elementos a utilizar son los siguientes:

- 7 relés normalmente abiertos
- 7 diodos rectificadores
- 7 transistores 2N3904
- 7 conectores de 3 entradas
- Conector de 10 terminales

- 7 resistencias de 4.7 K Ω

De igual manera que la plaqueta anterior con la ayuda de Ares, distribuimos los elementos, llegando a obtener unas líneas de circuito que serán impreso en la misma, de la siguiente manera:

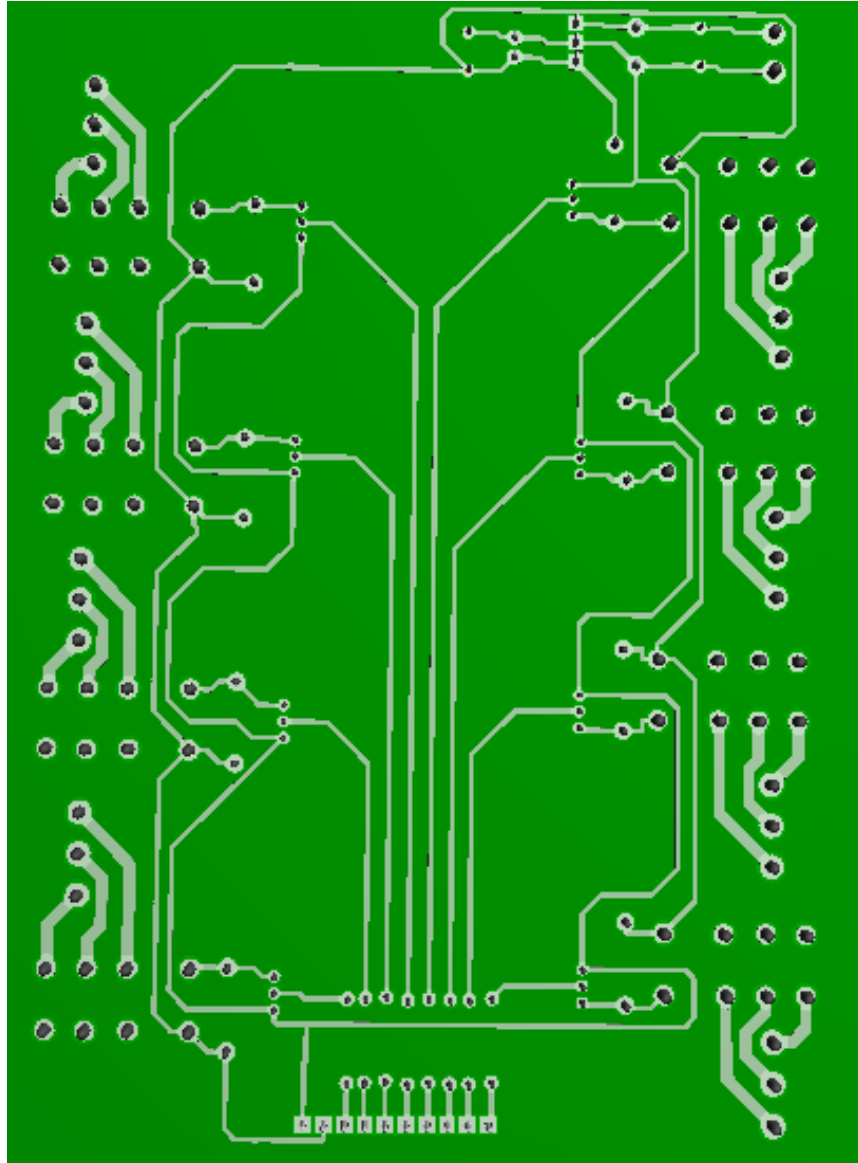


Figura 52: Plantilla del circuito de relés

Una vez montados los elementos en la placa, obtuvimos el siguiente circuito:

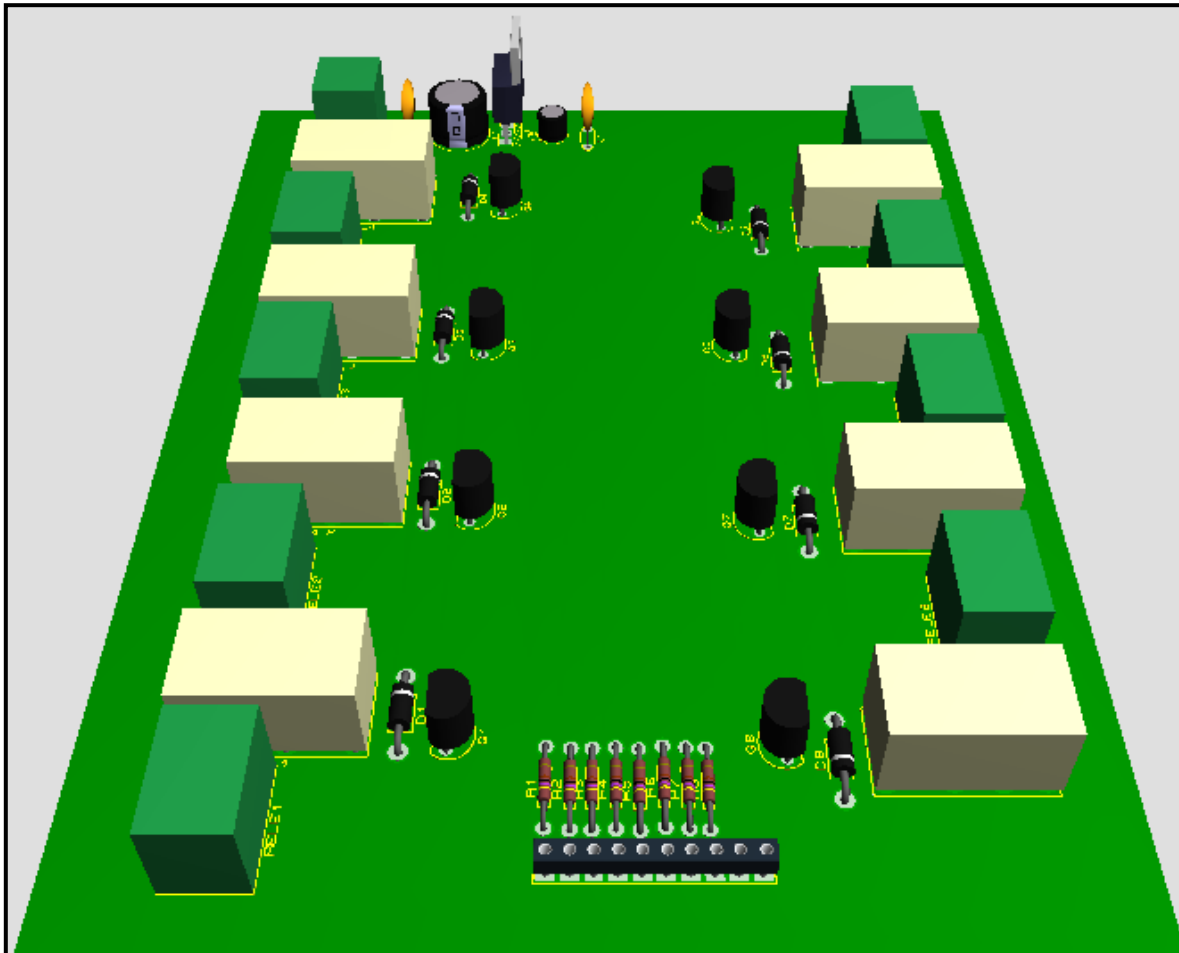


Figura 53: Circuito comandado por relés

Conectando las dos placas, conseguimos el circuito final a utilizarse para el corte de señales de entradas y salidas de la ECU comandados por un microcontrolador, a través de una interfaz USB y el software.

CAPÍTULO VII

7. COMPROBACIÓN Y VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA A GASOLINA

7.1 Manual de prácticas

Este es un programa que puede ser ejecutado en cualquier computador, simplemente es necesario copiar la carpeta Soft Inyección al computador la cual contendrá el archivo ejecutable y la extensión de la aplicación indispensable para su correcto funcionamiento:

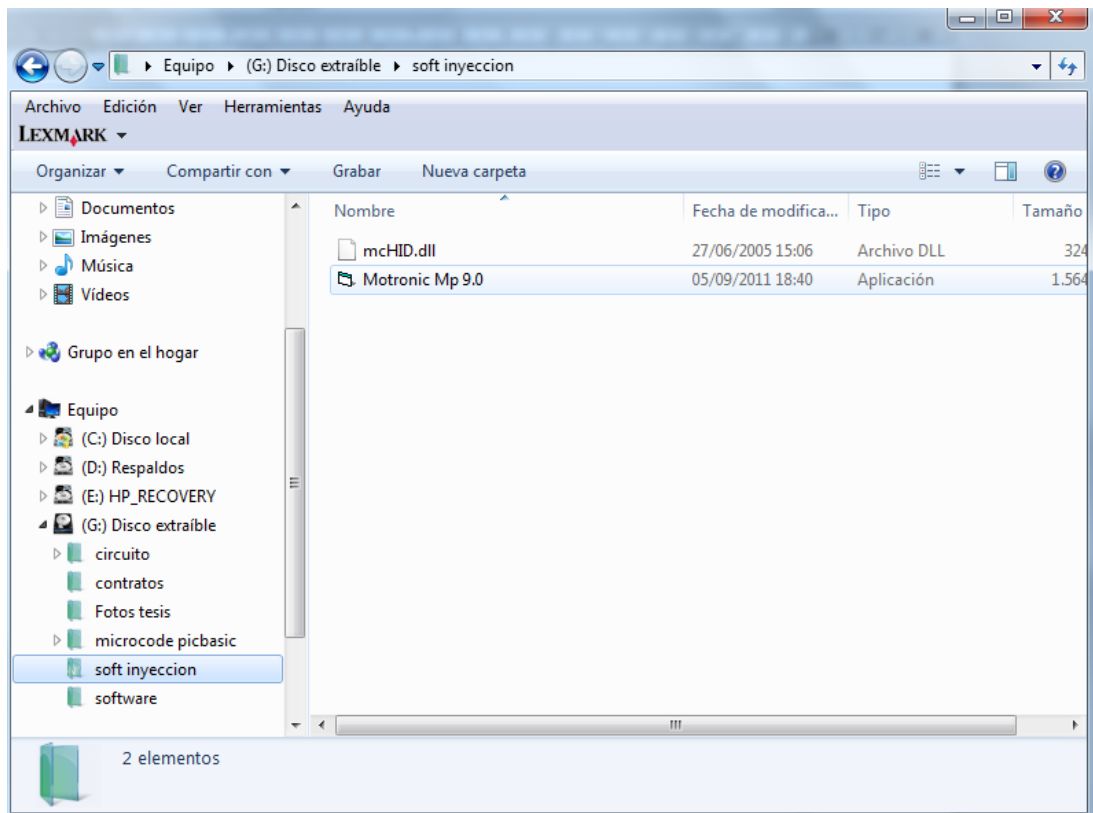


Figura 54: Programa ejecutable

Antes de ejecutar el programa es necesario conectar el circuito con la computadora a través del cable USB.

Al ejecutar este archivo se activaran todos los relés, pudiendo así acceder al programa, el cual nos presentara como pantalla principal la siguiente:



Figura 55: Pantalla principal del software generador de fallas

En esta pantalla contiene siete botones que controlan las señales de entrada y salida de la ECU, que van a ser alteradas para poder generar así el fallo de los componentes del sistema.

Al momento de cliquear cada uno de estos por primera vez, se desconectará el relé correspondiente al actuador o sensor que se desconectó, mostrando un cuadro de mensaje y generando un código de falla. Mostrándose una pantalla de la siguiente manera:



Figura 56: Pantalla de mensaje de sensor o actuador desconectado

Al clicar en el botón DTC'S se mostrará una pantalla con todos los códigos de fallas del tablero didáctico, estos fueron obtenidos a través de un scanner Karman Lite, en un vehículo Volkswagen real.



Figura 57: Pantalla de códigos de fallas del software

Este cuadro nos permitirá escoger el código de falla que se generó, se han comandado siete señales las cuales son T-Map, TPS, CMP, Inyectores. Se va a tomar como ejemplo la señal del sensor CMP, el cual se ha venido utilizando, para explicar el funcionamiento del software, como en la pantalla anterior al desconectar el CMP, se genera un código de falla 00529, al presionar en el botón de DTC'S podremos escoger el que se generó entre todas las opciones, llegando a obtener la siguiente ventana:



Figura 58: Información general del actuador o sensor

En la cual, nos indicará el significado del código de falla generado, así como información general del sensor o actuador involucrado, además nos permitirá dos opciones, la una de retornar al menú principal, o para proceder a la verificación, si cliqueamos en este botón, nos aparecerá las diferentes ventanas, que nos ayudarán a realizar una correcta comprobación, llegando a encontrar la raíz del problema. Como se ha tomado como ejemplo la señal del CMP, se mostrará las posibles verificaciones que se deben realizar de la siguiente manera:



Figura 59: Verificaciones a realizarse

Al presionar siguiente, se mostrarán otras comprobaciones a realizar, para descartar cualquier problema:



Figura 60: Guía de verificación

De igual manera se mostrarán las verificaciones necesarias para todas las siete señales comandadas, y se necesita seguir los mismos pasos mostrados, en la última ventana de cada sensor o actuador se podrás escoger la opción de Atrás para retornar a la ventana anterior, o Menú para ir al menú principal.

Este manual ayudará de manera sencilla a usar el Software generador de fallas, que no es más que un apoyo básico para conocer el sistema de inyección electrónica Motronic Mp 9.0 y las verificaciones más comunes, básicas y necesarias para revisar el correcto funcionamiento del mismo.

7.2 Comprobación de actuadores y sensores

Para este capítulo nos basaremos en los valores que se debieron haber obtenido y los que llegamos a obtener en las diferentes mediciones realizadas en los sensores y actuadores usados en el software.

1. Sensor T-Map

- **Verificación del voltaje de retorno del sensor MAP**

Conectar el multímetro midiendo el voltaje DC en el cable del terminal 4. Con el motor en marcha mínima y con el motor en temperatura de operación, la señal enviada por el sensor MAP debe estar entre 1,00 y 1,30 voltios DC, según el gráfico del oscilograma, con esto se puede afirmar que el sensor MAP está en buenas condiciones de funcionamiento. La señal del sensor de presión MAP cambia de función según la altitud local. La figura se aplica para regiones al nivel del mar. Es decir, cuando la altitud es mayor, menor es la señal enviada por el sensor de presión MAP a la ECU. En las regiones más altas se pueden presentar valores de medición de 0,50 voltios.

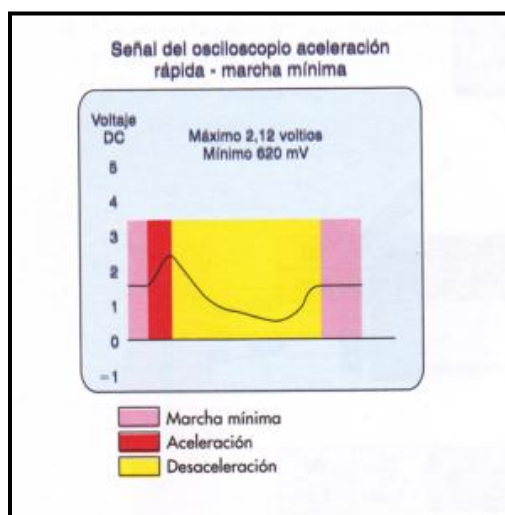


Figura 7.8: Curva de la señal del sensor MAP [61]

Nosotros obtuvimos 0,53 Voltios, que es lo que se encontraría en un rango aceptable por el hecho que nos encontramos a una altura mayor respecto al mar:



Figura 62: Lectura obtenida del sensor MAP

- **Verificación de la tierra (masa) del sensor.**

Conectar el analizador de polaridad en el cable del terminal 1. La polaridad debe ser negativa.

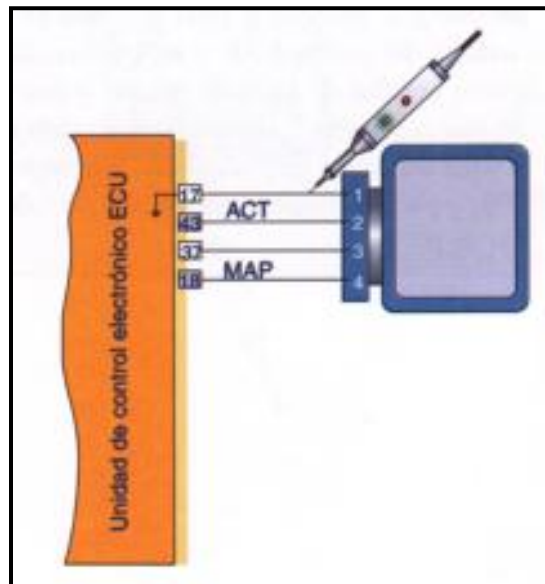


Figura 7.10: Test de verificación de masa del sensor MAP [63]

Nosotros pudimos verificar este test. Midiendo continuidad entre tierra y el terminal 1 del sensor.



Figura 64: Comprobación de masa del sensor MAP

2. Sensor CMP

- Se debe verificar si no existe mal contacto o cable interrumpido entre el terminal 2 del sensor y el terminal 16 de la ECU.

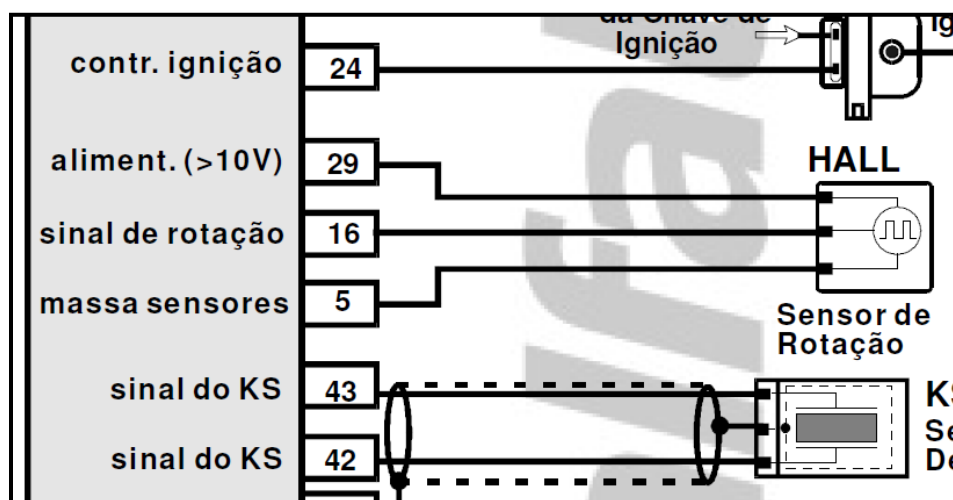


Figura 7.12: Esquema eléctrico del sistema Motronic Mp 9.0 [65]

Nosotros comprobamos que existe una continuidad entre el terminal 2 del sensor y el terminal 16 de la ECU.



Figura 66: Comprobación de continuidad con el sensor CMP

- Desconectar el conector eléctrico del sensor de rotación Hall, con el conector desconectado, instalar un cable conductor con uno de sus extremos a la terminal del medio del conector del sensor de rotación y el otro a tierra (masa). Poner en posición KOEO y con el otro extremo dar pequeños toques a tierra no por mucho tiempo. Por cada toque a tierra se debe escuchar un zumbido de la bomba eléctrica de combustible.

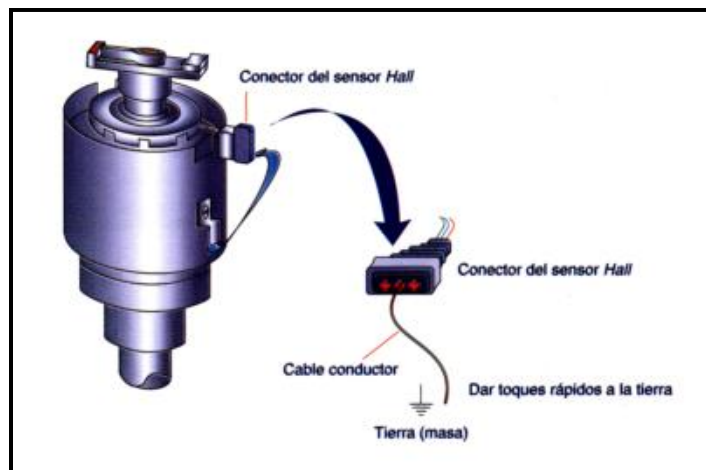


Figura 7.14: Test de funcionamiento del sensor Hall [67]

Nosotros verificamos esto, realizando el test, obteniendo el accionamiento de la bomba cuando hacíamos contacto con tierra del vehículo.



Figura 68: Comprobación del funcionamiento del sensor CMP

3. Inyectores

- Desconectar el conector eléctrico de los inyectores. Seleccionar el multímetro en escala de ohmios. Medir la resistencia eléctrica del enrollamiento de los cuatro inyectores, la resistencia debe estar entre 10 y 15 ohmios.



Figura 7.16: Medición de resistencia en los inyector [69]

Al realizar el test obtuvimos una resistencia de 15 ohmios, estando en el rango aceptable.



Figura 70: Realización de la prueba de resistencia en los inyectores

- **Verificación de la alimentación positiva**

Colocar el analizador de polaridad en los cables en uno de los cables de los inyectores, poner en posición KOEO, la polaridad debe ser positiva por algunos segundos (voltaje de la batería).

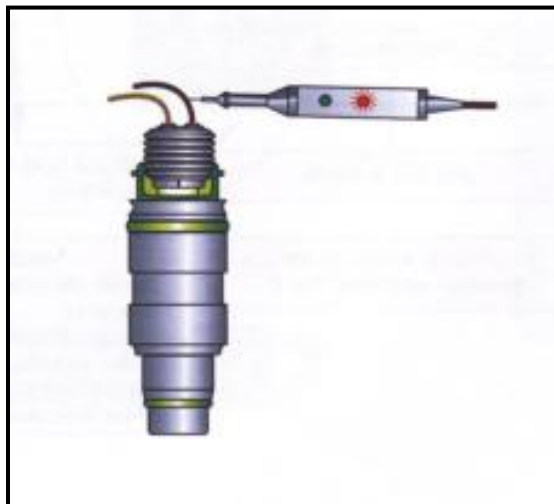


Figura 7.18: Test de alimentación positiva [71]

Nosotros pudimos comprobar esta prueba conectando el multímetro en escala de corriente continua y midiendo entre uno de los dos terminales del conector y chasis determinando así cuál de ellos es alimentación de 12 voltios (voltaje de la batería).



Figura 72: Realización del test de alimentación positiva de los inyectores

CAPÍTULO VIII

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

Una vez concluida la construcción del tablero didáctico del sistema de inyección electrónica las conclusiones que podemos citar con el objeto de información son las siguientes:

Se construyó e implementó un tablero didáctico del sistema de inyección electrónica Motronic Mp 9.0 con un software generador de fallas, para interacción con los estudiantes en la escuela de Ingeniería Automotriz basándonos en los conocimientos obtenidos en las aulas y la investigación realizada para cumplir con este fin.

Se estudió y analizó todos los principios de inyección electrónica a gasolina reforzando así los conocimientos previamente obtenidos para realizar la construcción del tablero de una forma eficiente.

Se investigó el sistema de inyección electrónica Motronic Mp 9.0 alcanzando un conocimiento amplio para poder realizar la construcción del tablero sin ningún percance e inconveniente.

Se elaboró el software generador de fallas para verificar el funcionamiento del sistema de inyección electrónica en base a los conocimientos de electrónica y programación adquiridos en las aulas de estudio.

Se creó el manual práctico para guía del estudiante acerca del funcionamiento y la forma adecuada del uso del tablero para así tener un mayor provecho y reforzar los conocimientos del estudiante.

8.2 Recomendaciones

Conectar adecuadamente la polaridad de la batería caso contrario puede causar cortocircuito y dañar todos los elementos electrónicos del sistema de inyección.

Hacer un correcto uso del tablero basado en el manual de prácticas.

Tener precaución con la alta tensión que descargan las bujías para evitar cualquier tipo de accidente.

Conectar adecuadamente el cable de conexión entre en circuito generador de fallas y el puerto USB de la PC

Ejecutar el software generador de fallas antes de iniciar el funcionamiento tablero, caso contrario no existirá comunicación entre sensores, actuadores y la ECM.

Tener precaución al hacer las diferentes comprobaciones de los sensores y actuadores para evitar posibles daños por mala manipulación de los mismos.

La persona que manipule el tablero con el software generador de fallas debe tener conocimientos suficientes de inyección electrónica a gasolina para evitar daños y posibles cortocircuitos.

Los estudiantes no deben manipular el tablero sin la supervisión de un Docente que los guíe en el funcionamiento tanto de actuadores, sensores y la importancia del circuito generador de fallas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra.ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 59
- [2] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra.ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 61
- [3] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra.ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 68
- [4] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra.ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 71
- [5] <http://www.todomecanica.com/sistemas-inyeccasolina.html>
- [6] Superpack Mecánica Automotriz
- [7] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra.ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 72
- [8] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra.ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 73
- [9] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra.ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 75
- [10] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra.ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 75
- [11] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra.ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 77
- [12] Superpack Mecánica Automotriz
- [13] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra.ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 77
- [14] Superpack Mecánica Automotriz

- [15] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 78
- [16] <http://es.scrib.com/doc/61965119/Pruebas-Con-Osciloscopio>
- [17] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 79
- [18] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 82
- [19] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 82
- [20] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 85
- [21] <http://cocheslujo.net/videos/los-flujos-de-o2-y-el-sensor-que-los-mide>
- [22] <http://html.rincondelvago.com/sensores-electricos.html>
- [23] <http://es.scrib.com/doc/61965119/Pruebas-Con-Osciloscopio>
- [24] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 82
- [25] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 90
- [26] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 108
- [27] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 109
- [28] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 121
- [29] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 117

- [30] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 131
- [31] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 143
- [32] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 164
- [33] Manual Técnico de Fuel Injection, Virtual, Sistema de inyección electrónica Bosch
- [34] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 497
- [35] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 497
- [36] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 497
- [37] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 497
- [38] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 497
- [39] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 497
- [40] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 497
- [41] <http://microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632c.pdf>
- [42] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 522
- [43] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 522
- [44] Guía de reparo PLUS Alfatest

- [45] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 516
- [46] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 510
- [47] RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra. ed. Ecuador: Guayaquil, 2005. Tomo 1. Pág. 510

BIBLIOGRAFÍA

- RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra.ed.Ecuador: Guayaquil. Tomo 1. Julio del 2005.
- RUEDA SANTANDER, Jesús. Manual Técnico de Fuel Injection. 1ra.ed.Ecuador: Guayaquil. Tomo 2. Agosto del 2005.

LINKOGRAFÍA

- <http://www.todomecanica.com/sistemas-inyeccasolina.html>
- <http://es.scrib.com/doc/61965119/Pruebas-Con-Osciloscopio>
- <http://microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632c.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1

PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR

```
' *****

' * Auto generated EasyHID file. PBP 2.60 and above      *

' *****

' include the HID descriptor


INCLUDE      "DESCUSBPAUTO.bas"


DEFINE OSC 48


DEFINE LOADER_USED 1


;DECLARACION REGISTROS UC


    TRISB=0


    PORTB=0


;+++++


USBBufferSizeMax  CON 8      ' maximum buffer size


USBBufferSizeTX   CON 8      ' input


USBBufferSizeRX   CON 8      ' output


' the USB buffer...


USBBuffer          VAR BYTE[USBBufferSizeMax]
```

USBBufferCount **VAR BYTE**

' *****

' * main program loop - remember, you must keep the USB *

' * connection alive with a call to USBService every couple *

' * of milliseconds or so... *

' *****

usbinit ' initialise USB...

ProgramStart:

GOSUB DoUSBIn

PORTB=USBBuffer

'gosub DoUSBOut

GOTO ProgramStart

' *****

' * receive data from the USB bus *

' *****

DoUSBIn:

USBBufferCount = USBBufferSizeRX ' RX buffer size

USBSERVICE ' keep connection alive

USBIn 1, USBBuffer, USBBufferCount, DoUSBIn ' read data, if available

RETURN

' *****

```

' * wait for USB interface to attach          *

' *****

DoUSBOut:

USBBufferCount = USBBufferSizeTX          ' TX buffer size

USBSERVICE          ' keep connection alive

USBOut 1, USBBuffer, USBBufferCount, DoUSBOut ' if bus available,transmit data

RETURN

```

ANEXO 2

PROGRAMACIÓN EN VISUAL BASIC 6.0

```
'+++++
+++++

Dim D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8 As Integer

Dim leds As String

Dim indato As Integer

Dim c1, c2, c3, c4, c5, c6, c7, c8 As Integer

'+++++
+++++

' vendor and product IDs

Private Const VendorID = 6017

Private Const ProductID = 2000

' read and write buffers

Private Const BufferInSize = 8

Private Const BufferOutSize = 8

Dim BufferIn(0 To BufferInSize) As Byte

Dim BufferOut(0 To BufferOutSize) As Byte

' *****
```


' when the form loads, connect to the HID controller - pass

' the form window handle so that you can receive notification

' events...

Private Sub Form_Load()

 ' do not remove!

 ConnectToHID (Me.hWnd)

 c1 = 0

 c2 = 0

 c3 = 0

 c4 = 0

 c5 = 0

 c6 = 0

 c7 = 0

 c8 = 0

 D1 = 1: D2 = 1: D3 = 1: D4 = 1

 D5 = 1: D6 = 1: D7 = 1: D8 = 1

 leds = D8 & D7 & D6 & D5 & D4 & D3 & D2 & D1

 BufferOut(8) = BinADec(Val(leds))

 hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)

End Sub

' disconnect from the HID controller...

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)

 DisconnectFromHID

End Sub

' a HID device has been plugged in...

Public Sub OnPlugged(ByVal pHandle As Long)

 If hidGetVendorID(pHandle) = VendorID And hidGetProductID(pHandle) = ProductID Then

 ' ** YOUR CODE HERE **

 End If

End Sub

' a HID device has been unplugged...

Public Sub OnUnplugged(ByVal pHandle As Long)

```

If hidGetVendorID(pHandle) = VendorID And hidGetProductID(pHandle) = ProductID Then

    ' ** YOUR CODE HERE **

End If

End Sub

'*****

' controller changed notification - called

' after ALL HID devices are plugged or unplugged

'*****

Public Sub OnChanged()

    Dim DeviceHandle As Long

    ' get the handle of the device we are interested in, then set

    ' its read notify flag to true - this ensures you get a read

    ' notification message when there is some data to read...

    DeviceHandle = hidGetHandle(VendorID, ProductID)

    hidSetReadNotify DeviceHandle, True

End Sub

'*****

' on read event...

'*****

Public Sub OnRead(ByVal pHandle As Long)

    ' read the data (don't forget, pass the whole array)...

```

```

If hidRead(pHandle, BufferIn(0)) Then

    ' ** YOUR CODE HERE **

    ' first byte is the report ID, e.g. BufferIn(0)

    ' the other bytes are the data from the microcontrolller...

End If

End Sub

'*****

' this is how you write some data...

'*****

Public Sub WriteSomeData()

    BufferOut(0) = 0 ' first by is always the report ID

    BufferOut(1) = 10 ' first data item, etc etc

    ' write the data (don't forget, pass the whole array)...

    hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)

End Sub

'++++++
+++++

Private Sub Command1_Click()

If c1 = 0 Then

```

D1 = 0

leds = D8 & D7 & D6 & D5 & D4 & D3 & D2 & D1

BufferOut(8) = BinADec(Val(leds))

hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)

Text1.Text = ""

Text1.Text = "01249"

lm = MsgBox("El Inyector N°1 ha sido desconectado", 48)

End If

If c1 = 1 Then

D1 = 1

leds = D8 & D7 & D6 & D5 & D4 & D3 & D2 & D1

BufferOut(8) = BinADec(Val(leds))

hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)

Text1.Text = ""

Text1.Text = "01249"

lm = MsgBox("El Inyector N°1 ha sido conectado", 48)

End If

c1 = c1 + 1

If c1 = 2 Then

c1 = 0

End If

End Sub

Private Sub Command10_Click()

If Command10 = True Then

Form2.Show

End If

End Sub

Private Sub Command2_Click()

If c2 = 0 Then

D2 = 0

leds = D8 & D7 & D6 & D5 & D4 & D3 & D2 & D1

BufferOut(8) = BinADec(Val(leds))

hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)

Text1.Text = ""

```

Text1.Text = "01250"

lm = MsgBox("El Inyector N°2 ha sido desconectado", 48)

End If

If c2 = 1 Then

D2 = 1


leds = D8 & D7 & D6 & D5 & D4 & D3 & D2 & D1

BufferOut(8) = BinADec(Val(leds))

hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)


Text1.Text = ""

Text1.Text = "01250"

lm = MsgBox("El Inyector N°2 ha sido conectado", 48)

End If

c2 = c2 + 1

If c2 = 2 Then

c2 = 0

End If

End Sub

Private Sub Command3_Click()

If c3 = 0 Then

D3 = 0

```

leds = D8 & D7 & D6 & D5 & D4 & D3 & D2 & D1

BufferOut(8) = BinADec(Val(leds))

hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)

Text1.Text = ""

Text1.Text = "01251"

lm = MsgBox("El Inyector N°3 ha sido desconectado", 48)

End If

If c3 = 1 Then

D3 = 1

leds = D8 & D7 & D6 & D5 & D4 & D3 & D2 & D1

BufferOut(8) = BinADec(Val(leds))

hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)

Text1.Text = ""

Text1.Text = "01251"

lm = MsgBox("El Inyector N°3 ha sido conectado", 48)

End If

c3 = c3 + 1

If c3 = 2 Then

c3 = 0

End If

End Sub

Private Sub Command4_Click()

If c4 = 0 Then

D4 = 0

leds = D8 & D7 & D6 & D5 & D4 & D3 & D2 & D1

BufferOut(8) = BinADec(Val(leds))

hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)

Text1.Text = ""

Text1.Text = "01252"

lm = MsgBox("El Inyector N°4 ha sido desconectado", 48)

End If

If c4 = 1 Then

D4 = 1

leds = D8 & D7 & D6 & D5 & D4 & D3 & D2 & D1

BufferOut(8) = BinADec(Val(leds))

hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)

```

Text1.Text = ""

Text1.Text = "01252"

lm = MsgBox("El Inyector N°4 ha sido conectado", 48)

End If


c4 = c4 + 1

If c4 = 2 Then

c4 = 0

End If

End Sub

Private Sub Command5_Click()

If c5 = 0 Then

D5 = 0


leds = D8 & D7 & D6 & D5 & D4 & D3 & D2 & D1

BufferOut(8) = BinADec(Val(leds))

hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)


Text1.Text = ""

Text1.Text = "    00519    00523"

lm = MsgBox("El Sensor T-Map ha sido desconectado", 48)

End If

```

If c5 = 1 Then

D5 = 1

leds = D8 & D7 & D6 & D5 & D4 & D3 & D2 & D1

BufferOut(8) = BinADec(Val(leds))

hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)

Text1.Text = ""

lm = MsgBox("El Sensor T-Map ha sido conectado", 48)

End If

c5 = c5 + 1

If c5 = 2 Then

c5 = 0

End If

End Sub

Private Sub Command6_Click()

If c6 = 0 Then

D6 = 0

leds = D8 & D7 & D6 & D5 & D4 & D3 & D2 & D1

BufferOut(8) = BinADec(Val(leds))

hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)

```

Text1.Text = ""

Text1.Text = "00518"

lm = MsgBox("El Sensor TPS ha sido desconectado", 48)

End If


If c6 = 1 Then

D6 = 1

leds = D8 & D7 & D6 & D5 & D4 & D3 & D2 & D1

    BufferOut(8) = BinADec(Val(leds))

    hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)


Text1.Text = ""

lm = MsgBox("El Sensor TPS ha sido conectado", 48)

End If


c6 = c6 + 1

If c6 = 2 Then

c6 = 0

End If

End Sub

Private Sub Command7_Click()

If c7 = 0 Then

```

D7 = 0

leds = D8 & D7 & D6 & D5 & D4 & D3 & D2 & D1

BufferOut(8) = BinADec(Val(leds))

hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)

Text1.Text = ""

Text1.Text = "00529"

lm = MsgBox("El Sensor CMP ha sido desconectado", 48)

End If

If c7 = 1 Then

D7 = 1

leds = D8 & D7 & D6 & D5 & D4 & D3 & D2 & D1

BufferOut(8) = BinADec(Val(leds))

hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)

Text1.Text = ""

Text1.Text = "00529"

lm = MsgBox("El Sensor CMP ha sido conectado", 48)

End If

c7 = c7 + 1

If c7 = 2 Then

c7 = 0

End If

End Sub

Private Sub Command8_Click()

If c8 = 0 Then

D8 = 0

leds = D8 & D7 & D6 & D5 & D4 & D3 & D2 & D1

BufferOut(8) = BinADec(Val(leds))

hidWriteEx VendorID, ProductID, BufferOut(0)